

Untersuchungen zur Fäulnisprävention im Weinbau durch UV-C-Bestrahlung der Rebe (*Vitis vinifera* L.)

Stefan Klärner, Bruno Flemming, Beate Berkelmann-Löhnertz

Aus ökonomischer Sicht ist die Regulierung der Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*) im Weinbau von großer Bedeutung, da Traubenfäulnis zu Qualitätseinbußen und Ernteverlusten führt. Auf zwei Standorten erfolgte die Applikation von UV-C-Licht, einem neuen Ansatz zur Fäulnisprävention. Mit einer UV-C-Dosis von 160 mWs/cm² wurden Laubwand und Traubenzone beidseitig und mehrfach behandelt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass UV-C-Applikationen als Komplementärbehandlung zum chemischen Pflanzenschutz mit einem Wirkungsgrad von bis zu 82% den Befall an Trauben signifikant reduzieren konnten. Demnach ist dieses Verfahren zur Verbesserung der phytosanitären Situation im Bereich der Traubenzone geeignet, wodurch die Reifezeit der Trauben verlängert und daraus folgend die Qualität des Lesegutes optimiert werden kann.

Schlüsselwörter

UV-C-Behandlung, Pflanzenschutz, *Botrytis cinerea*, Weinbau

In der weinbaulichen Praxis ist die Bekämpfung pilzlicher Schaderreger ein wichtiger Baustein für die qualitätsorientierte Traubenproduktion. Vergleicht man den Pflanzenschutzmitteleinsatz im Weinbau mit dem in ackerbaulichen Kulturen, so rangiert die Rebe mit der Hopfen- bzw. Tafelapfelproduktion in der Spitzengruppe. Die Fungizide weisen im Weinbau den höchsten Behandlungsindex auf (ROSSBERG 2013). Vor allem die Pathogene *Plasmopara viticola* (Erreger des Falschen Mehltaus), *Erysiphe necator* (Erreger des Echten Mehltaus) und *Botrytis cinerea* als Erreger der Grauschimmelfäule erfordern diesen hohen Fungizideinsatz, da sie zu erheblichen Ertragsminderungen führen können (MOHR 2012).

Obwohl im Weinbau ein intensiver Pflanzenschutz betrieben wird, zeichnete sich in den letzten Jahren eine deutliche Verschlechterung der Traubenqualität ab, was oftmals eine frühe Lese zur Folge hatte. Vorgezogene Lesezeitpunkte verhindern aber das vollständige Ausreifen der Trauben und die damit verbundene Einlagerung wichtiger Inhaltsstoffe in die Beeren. Bei fortschreitender Fäulnis gestaltet sich das Hinauszögern des Lesezeitpunktes allerdings schwierig. Daher wird seit einiger Zeit der Beginn der Traubenlese nicht mehr von der Reife des Lesegutes bestimmt, sondern vom Gesundheitszustand der Trauben. Die größten Probleme hinsichtlich Mostqualität und Erntemenge verursachen *Botrytis cinerea* und Essigsäurebakterien. Vielerorts wird deshalb von einem Wettlauf zwischen Fäulnis und Reife gesprochen (LAWNIK et al. 2014). Hierfür sind maßgeblich veränderte Temperatur- und Niederschlagsparameter in Folge des Klimawandels verantwortlich (POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG 2014).

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Rahmenbedingungen und Herausforderungen sind in erster Linie direkte chemische Behandlungen mit guter Applikationsqualität von Bedeutung. Neben der Ausbringung von Spezialbotrytiziden spielen auch indirekte Maßnahmen eine wichtige Rolle für die Erhaltung der Traubengesundheit. Dazu zählen spezielle Schnittmaßnahmen zur Laubwandgestaltung, Entblätterungsverfahren, das Erzielen einer lockeren Traubenstruktur und eine moderate Düngung (MOLITOR et al. 2011, BAUS und BERKELMANN-LÖHNERTZ 2014). Diese Eingriffe sollen vor allem die Entwicklungsbedingungen für die Mikroorganismen verschlechtern und somit eine möglichst lange Reifezeit der Trauben zulassen. Dennoch haben die zurückliegenden Jahre gezeigt, dass die Kombination von termingerechtem Pflanzenschutz, gut durchlüfteter Laubwand, moderater Bodenpflege sowie dem Eingreifen in die Traubenarchitektur nicht immer geeignet war, um das Lesegut länger gesund zu erhalten. Insbesondere in den Jahren 2006, 2010, 2011 und 2013 wurde ein starker Fäulnisbefall von deutlich mehr als 60% Befallsstärke festgestellt (MOLITOR et al. 2014). Aber auch vor dem Hintergrund der extrem angestiegenen Populationsdichte der Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* (CINI et al. 2014) und der Mycotoxin-Problematik aufgrund des zusätzlichen Auftretens von Sekundärpilzen (*Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten) (WALTER 2012) ist es dringend erforderlich, neue Verfahren zur Verbesserung der Traubengesundheit einzusetzen.

Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, ob eine wiederholte Applikation von UV-C-Licht die derzeit eingesetzten Bausteine der *Botrytis*-Bekämpfung ergänzen können. Anders als beim chemischen Pflanzenschutz bilden sich bei der UV-C-Bestrahlung keine Pflanzenschutzmittelrückstände, sodass UV-C-Behandlungen auch im kritischen Zeitfenster zwischen chemischer Abschlussbehandlung und Lese durchgeführt werden können.

Die UV-C-Behandlung basiert auf einer Bestrahlung der (Mikro-)Organismen mit UV-C-Licht. Verschiedene UV-C-Anwendungen sind seit vielen Jahren vor allem in der Lebensmittelindustrie im Einsatz. Hier wird das Verfahren zur Oberflächenentkeimung, zur Aufbereitung von Trinkwasser sowie zur Luftentkeimung genutzt (KOUTCHMA 2014, KIRSCHBAUM 2014). Die Behandlung von Pflanzenoberflächen zur Keimreduzierung ist aufgrund der Gefahr des Auftretens phytotoxischer Reaktionen deutlich schwieriger (KLÄRNER et al. 2013). Im Unterglasanbau wurden UV-C-Bestrahlungen an einigen Kulturpflanzen erfolgreich eingesetzt, um die Populationsdichte diverser Schaderreger nachhaltig zu reduzieren. Die UV-C-Behandlung von Edelreis und Unterlage vor der Veredlung sowie von geernteten Tafeltrauben – beides, um den Botrytis-Befall zu vermindern – gehört zu weiteren potenziellen Anwendungen dieser Technologie (FARKAS und KOCIS 2013, ROMANAZZI et al. 2012). Aus diesem Grunde war es naheliegend, die Bestrahlung mit UV-C auch zur Reduzierung des Schadpilzbefalls bei der Rebe im Freiland einzusetzen.

Der optimale Wirkungsbereich gegenüber Mikroorganismen innerhalb des UV-C-Spektrums liegt im Wellenlängensektor zwischen 240 und 270 nm (RENZEL 2013), wobei die Hauptlinie des Spektrums der in diesem Versuch eingesetzten Amalgamstrahler bei 254 nm liegt. Die UV-C-Wirkung ist dosisabhängig. Das heißt, eine länger andauernde niedrige Bestrahlungsstärke von beispielsweise 10 s bei 8 mW/cm² (= 80 mWs/cm²) hat die gleiche Wirkung wie eine kurze, aber starke Bestrahlungsstärke von 2 s bei 40 mW/cm² (= 80 mWs/cm²) (RENZEL 2013, GAYÁN et al. 2013).

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, den Gesundheitszustand von Trauben durch Einsatz der neuen UV-C-Technologie so weit zu erhöhen, dass es möglich ist, die Reifeperiode der Beeren auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen zu verlängern. Der Freilandversuch erfolgte unter standardisierten Prüfbedingungen in einem Versuchsweinberg der Hochschule Geisenheim. Außer-

dem wurde geprüft, ob diese Strategien auch unter Praxisbedingungen (Pilotbetrieb) geeignet sind, um gesundes und ausgereiftes Lesegut zu erzeugen.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen kamen zwei verschiedene UV-C-Prototypen zum Einsatz, die im Rahmen eines von Hessen Modellprojekte finanzierten Vorhabens entwickelt wurden. Da zur Verwendung der UV-C-Technologie im Weinbau bisher keine Daten oder Erfahrungen vorliegen, kooperierten mehrere Institute der Hochschule Geisenheim mit der Firma uv-technik meyer gmbh, einer der Marktführer für UV-Bestrahlungssysteme im Lebensmittelsektor, um eine praxistaugliche Lösung zu entwickeln.

Prototyp UV-C-3

Um erste Erfahrungen mit dem UV-C-Verfahren im Freiland zu sammeln, wurde ein Prototyp auf der Basis vorhandener Elemente entwickelt (Abbildung 1). Dieser Prototyp UV-C-3 ist auf dem Grundrahmen eines Pflanzenschutz-Anbausprüngerätes mit Radialgebläse aufgebaut. Darauf ist ein hydraulisch höhen- und seitenverstellbarer Überzeilenrahmen aufgesetzt. Zwei UV-C-Module sind gegenüberliegend angebracht und können beide Laubwandseiten gleichzeitig bestrahlen. Der Abstand der Module zueinander lässt sich in einem Bereich von 0 bis 1000 mm einstellen. Bei den Durchfahrten betrug der Abstand zur Laubwand ca. 100 mm. Mit dem Gebläse wurde ein starker Luftstrom erzeugt, der für eine Verwirbelung der Laubwand sorgte. Dadurch konnte die von den UV-C-Strahlen erreichte Zielfläche vergrößert und Abschattungseffekte verringert werden.

Für die parzellengenaue UV-C-Applikation in einer randomisierten Versuchsanlage verfügen die UV-C-Module über luftdruckgesteuerte bewegliche Lamellen, mit denen die Bestrahlungseinheiten



Abbildung 1: Prototyp UV-C-3 (Foto: W. Schönbach)

bei Bedarf abgeschirmt werden können. Bei der Durchfahrt verhinderten die geschlossenen Lamellen eine Bestrahlung der nicht mit UV-C-Licht zu behandelnden Laubwandbereiche.

In den Modulen sind mehrere Hochleistungs-Amalgamstrahler auf einer Länge von 0,95 m eingebaut. Die elektrische Gesamtleistungsaufnahme eines Moduls liegt bei ca. 1,3 kW. Die Energie wird durch einen motorbetriebenen Stromgenerator zur Verfügung gestellt. Bei den hier dargestellten Versuchen lagen die UV-C-Bestrahlungsdosen bei 160 mWs/cm² je Laubwandseite. Diese Dosis wurde durch die Anpassung der Fahrgeschwindigkeit erreicht, die mittels Tempomat im Schlepper Fendt Vario 211 V kontinuierlich $\pm 0,1$ km/h eingehalten wurde. Um die angestrebte UV-C-Dosis zu erreichen, lag die Fahrgeschwindigkeit bei diesem Prototyp unter 1 km/h.

Prototyp UV-C-4

Um die UV-C-Leistung zu erhöhen und die Arbeitseffizienz zu verbessern, wurde ein neuer Prototyp konzipiert (Abbildung 2). Dieser Prototyp UV-C-4 beinhaltet neben den UV-C-Modulen einen Schmalspur-Nachläufer mit aufgebautem Radialgebläse, der von einem gängigen Weinbergsschlepper gezogen werden kann. Hierfür wird nur der Grundrahmen und das Gebläse benötigt, während Behälter, Pumpe etc. demontiert werden können. Der Prototyp UV-C-4 ist mit je zwei UV-C-Modulen je Seite in Überzeilentechnik ausgestattet. Diese Bauweise ermöglicht die gleichzeitige Behandlung von zwei Rebzeilen. Zur Anpassung an die jeweilige Zeilenbreite/-höhe sind die Module hydraulisch seiten- und höhenverstellbar. Die Stromversorgung durch ein motorgetriebenes Stromaggregat und die Elektronik zur Ansteuerung der Module in vier Rack-Systemen sind auf dem Nachläufer untergebracht. Jedes der Module ist mit Hochleistungs-Amalgamstrahlern bestückt, die eine Strahlerlänge von 1,5 m aufweisen. Die elektrische Gesamtleistung je Modul liegt bei 3,8 kW. Die Rebzeilen wurden mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit mit dem gleichen Fendt Vario 211 V wie bei UV-C-3 befahren, damit



Abbildung 2: Prototyp UV-C-4 (Foto: W. Schönbach)

die angestrebte UV-C-Dosis (160 mWs/cm² je Laubwandseite) über die Fahrgeschwindigkeit exakt eingetragen werden konnte. Die Fahrgeschwindigkeit zum Betreiben dieses Prototyps ist zwar fünfmal höher als beim Vorgängermodell, liegt aber immer noch unter der angestrebten Zielgeschwindigkeit von mindestens 5 km/h. Um die Strahler beim „rauen“ Freilandeinsatz zu schützen, sind die Module durch ein doppeltes Schutzgitter vor mechanischen Beschädigungen gesichert.

UV-C-Applikationen im Versuchsweinberg (Standort „Kellersgrube“) mit Prototyp UV-C-3

Im Weinberg „Kellersgrube“ wurde der Freilandversuch nach GEP-Standard (GEP-LEITLINIE 2013) durchgeführt. Diese Versuchsanlage gehört zu den Weinbergen der Hochschule Geisenheim (49°58'59.4"N 7°56'51.1"E) und ist mit der Rebsorte Riesling bestockt. Die Zeilenbreite beträgt 2 m, mit einem Stockabstand von 1,30 m innerhalb der Zeile. Die Erziehungsform ist bei allen Rebstöcken der Flachbogen. Jede zweite Gasse wurde mit einer Rasenmischung dauerbegrünt, die dazwischen liegenden Gassen wurden offengehalten. Für den Versuch standen zehn Zeilen zur Verfügung. Jedes Versuchsglied bestand aus vier Blöcken mit jeweils zwölf Reben, die innerhalb des Versuchsfeldes randomisiert angeordnet wurden. Um die Trauben besser mit der UV-C-Strahlung zu erreichen, wurde die Traubenzone zum Zeitpunkt ES 75 entblättert. Hierfür wurden alle Geiztriebe innerhalb der Traubenzone per Hand entfernt und – wenn nötig – zusätzlich ein Blatt je traubentragender Frucht- rute. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde diese Maßnahme in allen Versuchsgliedern durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die im Exaktversuch realisierten Versuchsglieder im Weinberg „Kellersgrube“.

Tabelle 1: Versuchsglieder (Kurztitel und Beschreibung) des UV-C-Exaktversuches im Weinberg „Kellersgrube“ im Jahr 2014 an der Rebsorte Riesling (VG = Versuchsglied, ES = Entwicklungsstadium)

VG-Nr.	Name VG	Beschreibung VG
1	Krankkontrolle	Ungehinderte Entwicklung der Grauschimmelfäule (<i>B. cinerea</i>) ohne jegliche Pflanzenschutzmaßnahme. Abdeckung der Parzelle gegen alle anderen pilzlichen Schaderreger mit Präparaten ohne Nebenwirkung gegenüber <i>B. cinerea</i> .
2	Standard integriert	Vergleichsprüfglied mit praxisüblicher Behandlungsstrategie gemäß integriertem Rebschutz. Sieben chemische Pflanzenschutzapplikationen gegen alle Schadpilze im Vegetationsverlauf, davon zwei mit Spezialbotrytiziden (ES 77, ES 81).
3	integriert reduziert	Vergleichsprüfglied mit einer reduzierten praxisorientierten Behandlungsstrategie. Drei chemische Pflanzenschutzapplikationen gegen alle Schadpilze an kritischen Entwicklungsstadien (Nachblüte, Traubenschluss, Abschluss-spritzung), davon zwei mit Spezialbotrytiziden (ES 77; ES 81).
4	integriert reduziert + UV-C (alternierend) + 2 Botrytizide	Drei Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz wie in VG 3, in den Zwischenzeiten vier Einsätze mittels UV-C gegen alle Schadpilze.
5	integriert reduziert + UV C (alternierend) + 1 Botrytizid	Drei Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz wie in VG 3 allerdings mit nur einem Spezialbotrytizid-Einsatz bei Traubenschluss und in den Zwischenzeiten vier Einsätze mittels UV-C gegen alle Schadpilze.
6	UV-C solo <u>bis</u> Abschlussbehandlung	Behandlung der Grauschimmelfäule (<i>B. cinerea</i>) ausschließlich durch UV-C-Bestrahlung zu den Entwicklungszeitpunkten Nachblüte, Traubenschluss und Abschluss. Abdeckung aller anderen Schaderreger mit chemischem Pflanzenschutz ohne Nebenwirkungen auf <i>B. cinerea</i> .
7	UV-C solo <u>nach</u> Abschlussbehandlung	Behandlung wie in VG 6 nur anstatt der UV-C-Nachblütebehandlung zwei zusätzliche UV-C-Behandlungen im Zeitraum zwischen chemischer Abschlussapplikation und Traubenernte.

Je Wiederholung wurden 100 Trauben auf Befallsstärke (in %) durch *B. cinerea* bonitiert und die Befallshäufigkeit daraus abgeleitet, sodass pro Versuchsglied insgesamt 400 Trauben in die Auswertung eingingen. Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen von der letzten Bonitur am 1.10.2014. Am 7.10.2014 erfolgte die Lese der Trauben.

UV-C-Applikationen im Pilotbetrieb (Standort „Scharlachwiese“) mit Prototyp UV-C-4

Der vom Pilotbetrieb bewirtschaftete Versuchsweinberg „Scharlachwiese“ liegt in Geisenheim (Ortsteil Johannisberg; 49°59'49.4"N 7°59'05.1"E) und ist ebenfalls mit der Rebsorte Riesling bestockt. Die Zeilenbreite beträgt 1,8 m, der Stockabstand misst 1,2 m. Die Erziehungsform ist bei allen Rebstöcken der Flachbogen. Eine moderate maschinelle Entblätterung der Laubwand erfolgte mit einem Entlaubungsgerät (Fa. Binger Seilzug) zum Zeitpunkt ES 73. Jede zweite Gasse war mit einer Rasenmischung dauerbegrünt, die dazwischenliegenden Zeilen waren während der Vegetationszeit mit einer kleebetonten Mischung begrünt.

Für den Versuch standen 24 Zeilen zur Verfügung. Da die Versuchsanlage aufgrund des Einsatzes des Prototypen UV-C-4 nicht innerhalb der Zeile randomisiert werden konnte, umfassten jeweils vier nebeneinanderliegende Zeilen ein Versuchsglied. Um eine mögliche Beeinflussung durch Abdrift von Pflanzenschutzmitteln aus einem benachbarten Versuchsglied auszuschließen, wurden nur die beiden inneren Zeilen für die Versuchsauswertungen herangezogen. Diese beiden Zeilen wurden in vier Blöcke mit jeweils 20 Reben unterteilt. Tabelle 2 zeigt die im Praxisversuch realisierten Versuchsglieder im Weinberg „Scharlachwiese“. Auf eine Krankkontrolle wurde im Pilotbetrieb aus wirtschaftlichen und epidemiologischen Gründen verzichtet.

Zur Erfassung der Schadsymptome wurden je Block 100 Trauben auf Befallsstärke (in %) von *B. cinerea* bonitiert und die Befallshäufigkeit daraus abgeleitet, sodass je Versuchsglied 400 Trauben ausgewertet wurden. Die dargestellten Ergebnisse stammen von der letzten Bonitur am 30.9.2014; am 1.10.2014 fand die Traubenlese statt.

Tabelle 2: Versuchsglieder (Kurztitel und Beschreibung) des praxisorientierten UV-C-Versuches im Pilotbetrieb (Standort „Scharlachwiese“) im Jahr 2014 an der Rebsorte Riesling (VG = Versuchsglied)

VG-Nr.	Name VG	Beschreibung VG
1	Standard integriert (2 Botrytizide)	Kontrolle mit praxisüblicher Behandlungsstrategie gemäß integriertem Rebschutz. Im Vegetationsverlauf acht chemische Pflanzenschutzapplikationen gegen alle Schadpilze, davon zwei mit Spezialbotrytiziden.
2	UV-C-Block bis Abschlussbehandlung (2 Botrytizide)	Fünf Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz gegen alle Schadpilze bis Stadium Erbsengröße und eine weitere als Abschlussbehandlung, davon zwei mit Spezialbotrytiziden. Die drei UV-C-Behandlungen erfolgten zwischen Traubenschluss und Abschlussbehandlung.
3	UV-C-Block vor und nach Abschlussbehandlung (1 Botrytizid)	Sechs Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz und drei UV-C-Behandlungen wie in VG 2. Hier allerdings mit nur einer Spezialbotrytizid-Behandlung zum Stadium Traubenschluss und dafür drei weiteren UV-C-Behandlungen im Zeitfenster zwischen Abschlussbehandlung und Traubenernte.
4	UV-C-Block nach Abschlussbehandlung (1 Botrytizid)	Acht Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz wie in VG 1, allerdings mit nur einem Spezialbotrytizid-Einsatz zum Stadium Traubenschluss. Die drei UV-C-Einsätze erfolgten zwischen der Abschlussbehandlung und der Traubenernte.
5	UV-C-Block nach Traubenschluss (1 Botrytizid)	Sechs Einsätze mit chemischem Pflanzenschutz bis Traubenschluss, davon ein Spezialbotrytizid-Einsatz zum Stadium Traubenschluss. Im Zeitfenster Traubenschluss bis Lese erfolgten fünf UV-C-Behandlungen.

Der Witterungsverlauf war zu Beginn der Vegetationsperiode bis weit in den Sommer hinein von allgemeiner Trockenheit geprägt, was den Krankheitsdruck zunächst niedrig hielt. Allerdings herrschte in der Reifephase der Trauben eine feucht-warme Witterung mit teilweise ergiebigen Niederschlägen, die zu einer raschen und starken Ausbreitung von *B. cinerea* führten. Aufgrund dieser Witterungsbedingungen und der sich daraus ergebenden starken Fäulnisentwicklung musste die Lese viel früher und äußerst schnell erfolgen.

Ergebnisse

Biologische Wirksamkeit gegenüber *B. cinerea* im Exaktversuch (Standort „Kellersgrube“)

Zwischen den verschiedenen Behandlungsstrategien sind deutliche Unterschiede hinsichtlich der biologischen Wirksamkeit gegenüber *B. cinerea* zu erkennen (Abbildung 3). Die Krankkontrolle wies eine Befallsstärke von 23 % auf. Mit Ausnahme der Versuchsglieder „integriert reduziert + UV-C (alternierend) mit nur einem Botrytizid“ sowie „UV-C solo bis Abschluss“ zeigten alle anderen Varianten einen signifikant geringeren *Botrytis*-Befall. Dieser Effekt war beim Versuchsglied 4 besonders stark ausgeprägt. Hier lag eine Befallsstärke von < 5 % vor.

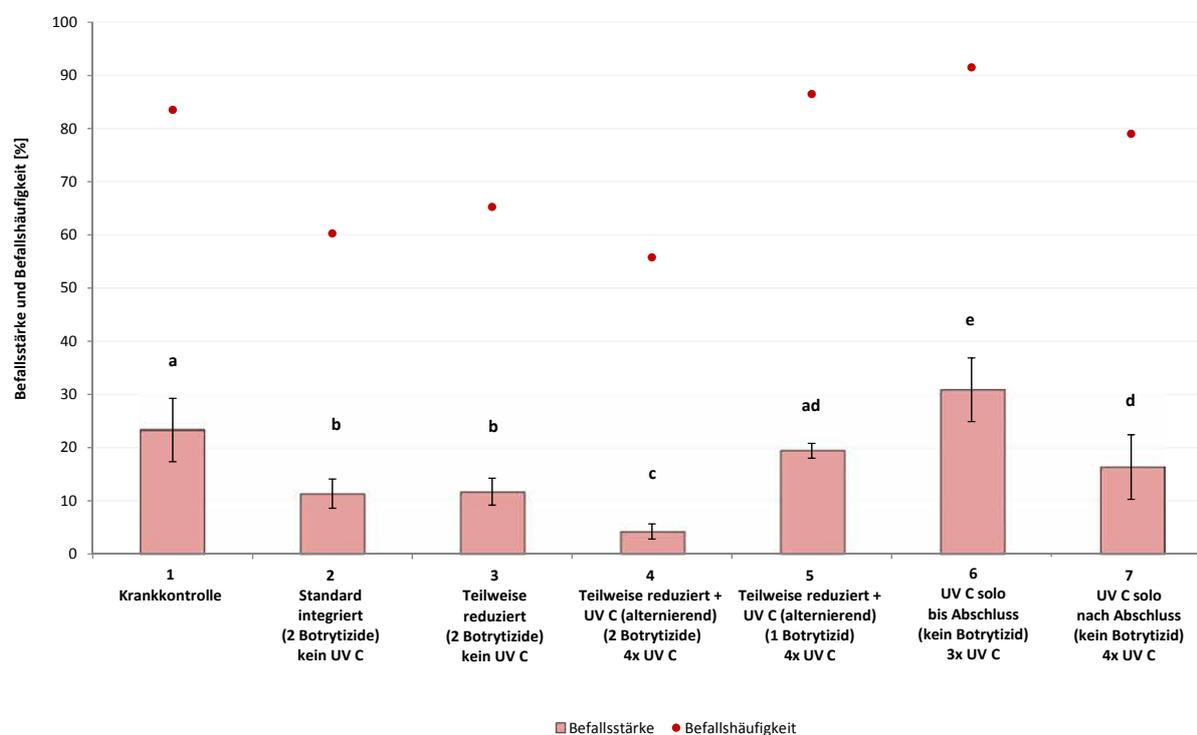


Abbildung 3: Biologische Wirksamkeit gegenüber *Botrytis cinerea* (Erreger der Grauschimmelfäule) an Trauben bei unterschiedlichen Fungizid-Behandlungsstrategien sowie UV-C-Bestrahlungshäufigkeiten und -zeitpunkten unter Freilandbedingungen an Riesling-Reben im Jahr 2014. Bonitur am 1.10.2014. Randomisierte Anlage im Versuchsweinberg „Kellersgrube“ der Hochschule Geisenheim.

Statistische Auswertung: Duncan-Test, Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($p < 0,05$); $n = 400$, Mittelwerte \pm StAbw.

Zwischen den Standard-Prüfgliedern VG 2 und VG 3 bestanden keine signifikanten Unterschiede. Die starke Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Versuchsglieder 4 und 5 belegen die Potenz moderner Spezialbotrytizide. Überraschend ist das Resultat von VG 6 (UV-C solo bis Abschluss; kein Botrytizid) mit einem signifikant schlechteren Ergebnis gegenüber der Krankkontrolle. Hier erfolgte im Unterschied zu den anderen Versuchsgliedern eine UV-C-Bestrahlung während der abgehenden Blüte. Dagegen zeigte VG 7 – ebenfalls UV-C solo, aber mit späteren Bestrahlungsterminen bis kurz vor der Lese – einen geringen Unterschied zur Kontrolle.

Die Werte der Befallshäufigkeit der Prüfglieder zeigten gegenüber der Kontrolle einen ähnlichen Verlauf wie die der Befallsstärke. Die Relation der Werte der Befallshäufigkeit der Prüfglieder war ähnlich den Relationen der Befallsstärken zueinander.

Biologische Wirksamkeit gegenüber *B. cinerea* im Praxisversuch (Standort „Scharlachwiese“)

Im Pilotbetrieb, bei dem der chemische Pflanzenschutz unter praxisüblichen Bedingungen betrieben wurde, zeigten die Trauben der „Praxis-Kontrolle“ (VG 1, Standard integriert) trotz intensiven Pflanzenschutzmitteleinsatzes einen relativ hohen *Botrytis*-Befall von 31 % (Abbildung 4). Mittels komplementärer UV-C-Bestrahlung konnte bei den Versuchsgliedern 2, 3 und 5 eine signifikante Reduzierung von *B. cinerea* im Vergleich zur praxisüblichen Standardbehandlung (VG1; Standard integriert) erzielt werden, unabhängig von der Anzahl der Applikationen mit Spezialbotrytiziden. Zwischen den

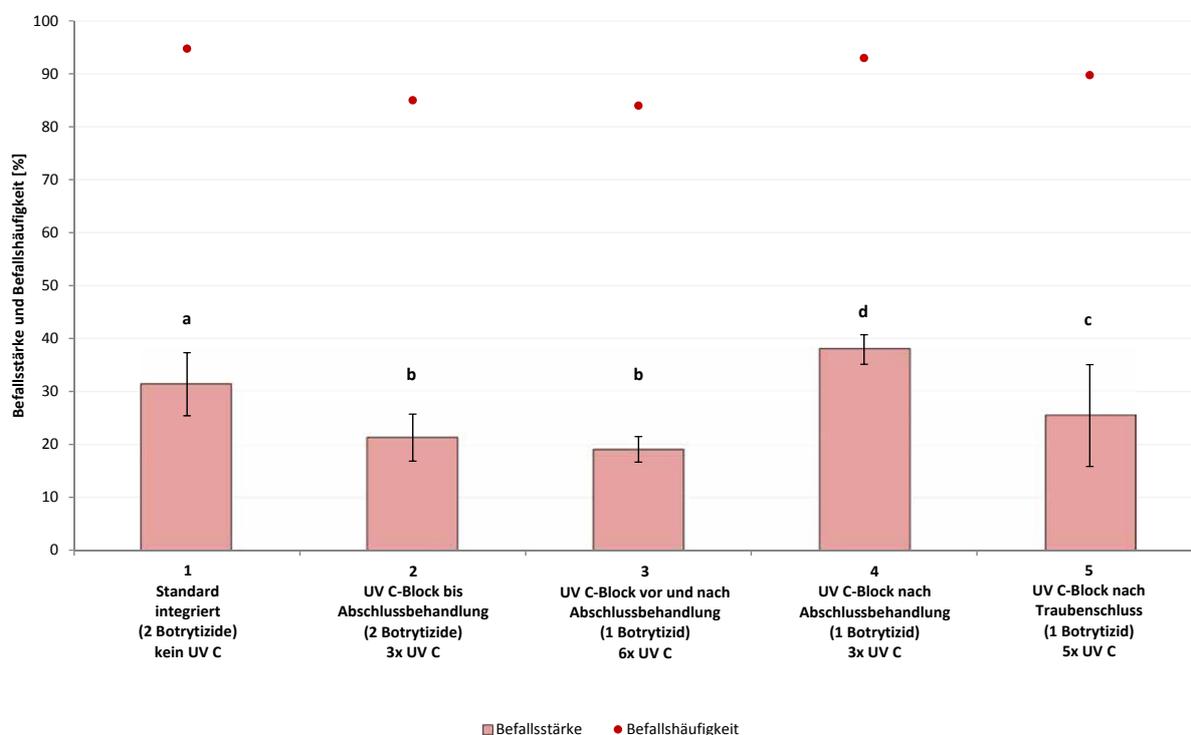


Abbildung 4: Biologische Wirksamkeit gegenüber *Botrytis cinerea* (Erreger der Grauschimmelfäule) an Trauben bei unterschiedlichen Fungizid-Behandlungsstrategien sowie UV-C-Bestrahlungshäufigkeiten und -zeitpunkten unter Freilandbedingungen an Riesling-Reben im Jahr 2014. Bonitur am 30.9.2014. Versuchsanlage „Scharlachwiese“ im Pilotbetrieb.

Statistische Auswertung: Duncan-Test, Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($p < 0,05$); $n=400$, Mittelwerte \pm StAbw

Versuchsgliedern 2 und 3 bestand kein signifikanter Unterschied. Deshalb schien unter den hier vorliegenden Versuchsbedingungen die Terminierung der UV-C-Behandlungen von entscheidendem Einfluss zu sein: wurde nur ein Spezialbotrytizid eingesetzt, so erbrachten die zusätzlichen UV-C-Applikationen nach der chemischen Abschlussbehandlung eine vergleichbare biologische Wirksamkeit wie zwei Spezialbotrytizid-Anwendungen. Allerdings waren zur Erzielung dieses Resultats drei zusätzliche Überfahrten (UV-C-Applikationen) erforderlich, d. h. 6 x UV-C gegenüber 3 x UV-C. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass die biologische Wirksamkeit von nur einer Spezialbotrytizid-Anwendung gegenüber *B. cinerea* in Kombination mit drei UV-C-Behandlungen inakzeptabel ist (VG 4).

Die Werte der Befallshäufigkeit der Prüfglieder zeigen auch hier gegenüber der Kontrolle einen ähnlichen Verlauf wie die der Befallsstärke. Die Relation der Werte der Befallshäufigkeit der Prüfglieder ähnelte den Relationen der Befallsstärken zueinander.

Schlussfolgerungen

Auf dem Versuchsstandort „Kellersgrube“ erbrachte das Vergleichsprüfglied 2 „Standard integriert“ mit sieben chemischen Applikationen und zweifachem Einsatz von Spezialbotrytiziden einen Wirkungsgrad von 51 %. Dieses Ergebnis entsprach unseren Erfahrungen aus anderen Pflanzenschutzversuchen. Trotz des hohen Einsatzes an Anti-Botrytis-Maßnahmen lässt sich in Jahren mit ungünstigen Witterungsverhältnissen keine bessere phytosanitäre Situation im Weinberg erzielen. Beim Vergleich der Prüfglieder 2 (Standard integriert) und 3 (integriert reduziert) mit weniger als der Hälfte an chemischem Pflanzenschutz (drei statt sieben chemischen Applikationen) zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Obwohl im Versuchsglied 4 mit alternierendem Rebschutz (chemisch/UV-C) weniger als 50 % des chemischen Pflanzenschutzes sowie zwei Spezialbotrytizid-Behandlungen angewendet wurden, konnte mit dieser Applikations- und Behandlungsfolge ein Wirkungsgrad von 82 % erzielt werden. Damit hob sich dieses Versuchsglied signifikant von der Vergleichsspritzfolge (VG 2 Standard integriert, WG = 51 %) ab.

Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Intensität des Botrytizid-Einsatzes – ein- oder zweimalige Applikation eines Spezialbotrytizids – den Grad der später erzielten Traubengesundheit maßgeblich bestimmt, was sich beim Vergleich von VG 4 mit VG 5 deutlich zeigt. Für die scheinbare Förderung von *B. cinerea* im VG 6 (ausschließlich UV-C und chemischer Pflanzenschutz gegen andere Schadpilze; kein Spezialbotrytizid) gibt es derzeit keine Erklärung.

Somit war es im Versuchsweinberg möglich, mittels komplementärer UV-C-Behandlung bei moderatem Fäulnisdruck (Krankkontrolle: 23 % Befallsstärke) eine deutlich höhere biologische Wirksamkeit gegenüber *B. cinerea* im Vergleich zur Standardanwendung zu erzielen. Unter den hier vorliegenden Versuchsbedingungen trugen die UV-C-Bestrahlungen wesentlich dazu bei, signifikant gesünderes Lesegut hervorzubringen.

Im Pilotbetrieb konnte durch Integration von UV-C-Applikationen gegenüber der rein chemischen Standardbehandlung eine signifikante Reduzierung des *Botrytis*-Befalls verzeichnet werden. Auch in der weinbaulichen Praxis besteht also die Möglichkeit, den *Botrytis*-Befall mittels adjuvanter UV-C-Bestrahlung im Vergleich zur praxisüblichen Standardbehandlung weiter zu senken.

In beiden Freilandversuchen wurden UV-C-Prototypen verwendet. Ein vergleichbares Verfahren gibt es bisher bei der Keltertraubenproduktion nicht. Zukünftig kann auf der Basis der hier untersuchten UV-C-Technologie ein wichtiger Beitrag zur längeren Gesunderhaltung des Lesegutes und

damit zugunsten der Traubenreife geleistet werden. In einigen Versuchsgliedern waren zusätzliche Durchfahrten vonnöten, die eine stärkere Belastung der Böden verursachten. Allerdings zielt die Konzeption des neuen Verfahrens auf eine komplementäre Behandlung mit chemischem Pflanzenschutz, sodass keine zusätzlichen Überfahrten stattfinden würden.

Da es sich bei der UV-C-Bestrahlung um ein nicht-selektives Pflanzenschutzverfahren handelt, ist davon auszugehen, dass auch andere Erreger des Fäulniskomplexes erfasst werden. Dies gilt möglicherweise sowohl für pathogene (WALTER 2012) und antagonistische Mikroorganismen, für Larvenstadien tierischer Schaderreger (CINI et al. 2014) als auch für Nützlinge. Nach bisherigen Laboruntersuchungen zur Fekundität und Fertilität von Nützlingen im Bereich Entomologie zeigten sich bei direkter UV-C-Einwirkung mit einer Bestrahlungsdosis von 160 mWs/cm² geringe Auswirkungen, aber bisher kein Hinweis auf nachhaltige Schädigungen. Da möglicherweise mit der UV-C-Bestrahlung die Populationsdichte mikrobieller Antagonisten in der Phyllosphäre reduziert wird, könnte es von Vorteil sein, zukünftig Pflanzenstärkungsmittel mit pilzlichen oder bakteriellen Antagonisten in den Applikationsprotokollen zu berücksichtigen. Zuvor muss aber in weiteren Versuchen abgeklärt werden, ob solche Zusatzwirkungen vorliegen und ob die Weinqualität dadurch verändert wird.

Literatur

- Baus, O.; Berkelmann-Löhnertz, B. (2014): Fäulnisprävention: Das Ziel bestimmt die Mittel. Der Deutsche Weinbau 6, S. 32–35
- Cini, A.; Anfora, G.; Escudero-Colomar, L.A.; Grassi, A.; Santosuosso, U.; Seljak, G.; Papini, A. (2014): Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science* 87, pp. 559–566
- Farkas, L.; Kocsis, L. (2013): Eco-friendly methods to control infection of *Botrytis cinerea* during propagation of grapevines. *International Journal of Horticultural Science* 19(3–4), pp. 53–56
- Gayán E.; Mañas P.; Álvarez, I.; Condón S. (2013): Mechanism of the Synergistic Inactivation of *Escherichia coli* by UV-C Light at Mild Temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(14), pp. 4465–4473
- GEP-Leitlinie (2013): Anforderungen an Versuchseinrichtungen in Deutschland und deren Anerkennung zur Durchführung von Wirksamkeitsversuchen bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/zul_dok_GEP.pdf?__blob=publicationFile&v=2, Zugriff am 24.2.2015
- Kirschbaum, A. (2014): Anwendung der UV-C-Strahlung in der Lebensmittelproduktion. *HYGIENE Report* 5, S. 4–6
- Klärner, S.; Berkelmann-Löhnertz, B.; Flemming, B.; Pflieginger, M.; Löhnertz, O.; Keicher, R.; Schwarz, H.-P. (2013): UV-C-Bestrahlung von Reben. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 149(21), S. 4–6
- Koutchma, T. (2014): *Food Plant Safety – UV applications for food and nonfood surfaces*. Amsterdam, Elsevier
- Lawnik, S.; Jörger, V.; Deppisch, C.; Guthier, O.; Frantz, J.; Lehnen, A.; Fischer, U.; Booß, A.; Schlamp, H.; Seemann, C.; Tränkner, F.; Schiefer, H.-C. (2014): Herbstberichte: Wieder ein Blitzherbst. *das deutsche weinmagazin* 23, S. 22–31
- Lorenz, D. H.; Eichhorn, K. W.; Bleiholder, H.; Klose, R.; Meier, U.; Weber, E. (1994): Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). *Vitic. Enol. Sci.* 49, S. 66–70
- Mohr, H.D. (2012): *Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe*. Stuttgart, Eugen Ulmer KG
- Molitor, D.; Baus, O.; Beyer, M. (2014): Einfluss der Jahrgangswitterung auf den Verlauf der *Botrytis cinerea*-Epidemie an Weintrauben – eine Fallstudie. *Julius-Kühn-Archiv* 447, S. 430
- Molitor, D.; Rothmeier, M.; Behr, M.; Fischer, S.; Hoffmann, L.; Evers, D. (2011): Crop cultural and chemical methods to control grey mould on grapes. *Vitis* 50(2), pp. 81–87
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2014): Klimafolgenforschung in unterschiedlichen Sektoren (Landwirtschaft, Forst, Hydrologie, Energie und Tourismus) für Deutschland. <http://www.klimafolgenonline.com/> (Sektor

Landwirtschaft; Weinbau: historische Daten und zukünftige Szenarien bzgl. Huglin-Index; Weinaustrieb, Weinblüte, Weinreifebeginn), Zugriff am 24.2.2015

Renzel, A. (2013): Desinfektion mit UV-C. Produktinformation uv-technik meyer gmbh, URL: <http://www.uv-technik.de/uvc-anwendung.html>, PDF, Zugriff am 24.2.2015

Romanazzi, G.; Lichter, A.; Gabler, F.M.; Smilanick, J.L. (2012): Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 63(1), pp. 141–147

Roßberg, D. (2013): Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. *Journal für Kulturpflanzen* 65(4), S. 141–151

Walter, R. (2012): Fäulnispilze an Weintrauben – Erregerkomplex, Mykotoxine und Bekämpfungsstrategien. *Journal für Kulturpflanzen* 64(10), S. 378–383

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Klärner ist Versuchsingenieur im Institut für Phytomedizin der Hochschule Geisenheim University.

Bruno Flemming ist technischer Mitarbeiter der Firma uv-technik meyer gmbh, Ortenberg.

Prof. Dr. Beate Berkelmann-Löhnertz leitet die Abteilung Phytopathologie Weinbau am Institut für Phytomedizin der Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Straße 1, 65366 Geisenheim. E-Mail: beate.berkelmann-loehnertz@hs-gm.de

Hinweise und Danksagung

Dieses Vorhaben wurde im Rahmen von Hessen Modellprojekte aus Mitteln des LOEWE-Schwerpunktes (Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz) Förderlinie 3, KMU-Verbundvorhaben, gefördert. Als Projektträger fungierte die HA Hessen-Agentur GmbH.

Dem Pilotbetrieb danken wir für die Bereitstellung der Versuchsfläche mit insgesamt 24 Rebzeilen. Innerhalb der Hochschule Geisenheim wurde mit den Instituten Technik sowie Bodenkunde und Pflanzenernährung zusammengearbeitet.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Marcel Scherber für die äußerst korrekte Durchführung der UV-C-Applikationen und für die kompetente Unterstützung bei der technischen Optimierung der Prototypen.