

## STATIONÄRE APPLIKATIONSTECHNIK IM WEINBAU

ALOIS F. GEYRHOFER<sup>1</sup>, BERNHARD SCHMUCKENSCHLAGER<sup>1</sup>, ANDRZEJ GORECKI<sup>1</sup> und MATTHIAS AUER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HBLA und BA für Wein- und Obstbau  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74  
E-Mail: Alois.Geyrhofer@weinobst.at

<sup>2</sup> PARGA GmbH  
A-2232 Deutsch-Wagram/Aderklaa, Telefonweg 1

Ausgangspunkt bei der Neu- bzw. in der Folge Weiterentwicklung der stationären Applikationstechnik im Weinbau war die Lösung des Problems, dass bei mobilen Weinbau-Sprühgeräten die Rebschutzmittel das Zielobjekt Rebe nicht optimal erreichen und sich ein Befahren der Rebengassen häufig als schwierig erweist. Den Entwicklungsprozess der stationären Applikationsanlage kennzeichneten folgende Phasen: Klären und Präzisieren der Applikation; Konzipieren der Anlage betreffend Montage, Applikation und Reinigung; Entwerfen der maßgeblichen Module, wie Mittelaufbereitungs-, Verteilungs- und Reinigungssystem; Ausarbeiten der Applikationsanlage durch Bewertung und Dokumentation des technischen Systems, ergänzt um die Kosten. Schwerpunkte waren das Zusammenstellen der technischen Anlage – Bemessung der Einzelteile, Festlegung aller Werkstoffe etc. –, der anlagendefinierenden Applikationsdaten und eine Kontrolle auf Funktion und Gebrauch. Das Ergebnis der neuen Applikationstechnik ist ein relativ teures Baukastensystem, dessen Bausteine die Gesamtfunktion "Bedeckung der Reben mit Behandlungsmitteln" noch nicht optimal erfüllen. Inwieweit sich die neue Verfahrenstechnik in der Weinbaupraxis etabliert, hängt von der Handhabung seitens der Hersteller, aber auch Praktiker ab. Auf jeden Fall sind noch weitere Verbesserungen nötig, um diesem neuen Applikationsverfahren – vor allem auch im Steillagenweinbau – zum Durchbruch zu verhelfen.

**Schlagwörter:** Applikationstechnik, Rebschutz, Steillagenmechanisierung

**Stationary application technology in viticulture.** Starting point for the new and further development of stationary application technology in viticulture was to find a solution for the problem that with mobile sprayers the protection agents do not optimally reach the target area of the vine and driving through the vineyard rows can be rather difficult. The development process of stationary application equipment was characterized by the following phases: considering and specifying the application; designing the plant with respect to installation, application and cleaning; designing the relevant modules, such as systems for treatment agent preparation, distribution and cleaning; elaborating the application system through evaluation and documentation of the technical system, including the cost. The focus was on compiling the technical facility – dimensioning the single part, defining all materials etc. –, the system defining application data and monitoring function and use. The result of the new application technology is a relatively expensive modular system, the modules of which do not yet optimally meet the overall function of "covering the vines with treatment agents". To what extent the new process technology will be established in viticultural practice depends on the execution by manufacturers, but also the winegrowers. In any case, further improvements are still needed to achieve a breakthrough for this new application technology, especially in steep slope vineyards.

**Keywords:** application technology, grapevine protection, steep slope mechanization

Zu den Aufgaben des Rebschutzes zählen das Sichern der Traubenproduktion durch Senken von Ertragsverlusten, das Sichern der Traubenqualität durch Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen und das Sichern der wirtschaftlichen Ergebnisse bei der Traubenproduktion durch niedrige Rebschutzmittelkosten und sichere Erträge (MEYER, 1998). Der Schutz der Reben mit mobilen Geräten und Maschinen ist nur eine von mehreren Möglichkeiten, Ertrags- und Qualitätseinbußen im Weingarten zu minimieren. Hierbei gelten folgende Anforderungen: erstens: gleichmäßiges Ausbringen der chemischen Behandlungsmittel in der erforderlichen Konzentration; zweitens: Ermöglichen der Wirksamkeit der Wirkstoffmengen durch Anlagerung an die Zielflächen; drittens: Vermeiden von Abdrift der Mittel und – damit verbunden – viertens: Verhindern von Belastungen durch das Rebschutzverfahren auf den Anwender und die Umwelt (GEYRHOFER et al., 2010). Bei den mobilen Weinbau-Sprühgeräten ist die Anwendung neben der Frage der Kosten vor allem eine hinsichtlich des richtigen Bodenzustands sowie günstiger Witterungsverhältnisse. Insbesondere die Sprühverfahren mit einem geringen Mittleren Volumetrischen Durchmesser (MVD) der Tropfen bergen die Gefahr der Abdrift (Boden-, Wind-, Thermik-, Verdunstungsdrift) der Rebschutzmittel (BÄCKER, 2006). Aus Sicht der Ökonomie ist es wichtig, das gesamte Applikationsverfahren (Kapital- und Arbeitskosten) und dessen Mechanisierungs- bzw. Rationalisierungspotenzial – beispielsweise im Steillagenweinbau – zu betrachten. Hieraus ergibt sich im Rahmen der angewandten Forschung der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg die Forde-

rung, ein neues Verfahren zum Rebschutz, die "Stationäre Applikationstechnik", zu entwickeln. Den unmittelbaren Zielen der vorliegenden Arbeit lassen sich demnach folgende Inhalte zuordnen: Planung, Konzeption und Entwurf der stationären Applikationsanlage (BÖGE et al., 2007), deren Montage, Testung und Überprüfung sowie schließlich Bedienung, Wartung und Instandhaltung. Übergeordnetes Ziel ist es, mit diesen Inhalten eine Gesamtschau über das neue Applikationsverfahren zu geben.

## MATERIAL

### REBENMATERIAL

Als Rebenmaterial sind bei der stationären Applikationsanlage am Agneshof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg die Sorten 'Cabernet Sauvignon' – gepfropft auf den Unterlagsreben '1103 P', 'Aripa' und '1616 C' – und 'Grüner Veltliner' auf den Unterlagsreben 'R26', 'G26', '41B' und 'SO4' in Verwendung; die Erziehung erfolgt nach Lenz Moser. Die Rebenanlagen befinden sich auf Böden aus Flysch-Sandstein in ebener Lage mit der Lokalbezeichnung "Stiftsacker" – Sorten 'Grüner Veltliner' (Erstellungsjahr 1993) und 'Cabernet Sauvignon' (Erstellungsjahr 1995) – sowie in Steillage mit der Bezeichnung "Rothäcker III" – Sorte 'Grüner Veltliner' (Erstellungsjahr 2010). Entsprechend ihrer geographischen Breite und Lage in der gemäßigten Zone weist das Klima jährliche Durchschnittsniederschläge von 750 mm auf. Tabelle 1 gibt die geometrischen und geodätischen Daten der Rebanlagen wieder.

Tab. 1: Geometrische und geodätische Daten der Rebanlagen

Rebananlage	Länge (m)	Breite (m)	Stammhöhe (m)	Geodätischer Höhenunterschied (m)	Steigung (%)	Reihenabstand (m)	Stockabstand (m)
Cabernet Sauvignon	48,0	62,4	1,0	2,8	5,8	2,4	1,2
Grüner Veltliner*	40,0	31,2	1,0	0,9	2,3	2,4	1,0
Grüner Veltliner**	47,0	72,0	1,0	17,1	39,1	3,0	1,0

\*"Stiftsacker"-Anlage,\*\*"Rothäcker"-Anlage

## APPLIKATIONSANLAGE

Die Neu- bzw. Weiterentwicklung des technischen Systems "stationäre Applikationsanlage" basiert auf einzelnen Konkretisierungsstufen. Im Zuge dieser gliedert sich der Entwicklungsprozess in drei Abschnitte: Bau einer Prototypen-Anlage, einer Anlage in der Ebene sowie einer in der Steillage.

### PROTOTYPEN-APPLIKATIONSANLAGE

Nach dem Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten als Teile des Anlagenkonstruierens kam es zur Errichtung eines Prototyps der stationären Applikationsanlage (GEYRHOFER, 2011). Bei dieser Anlage strömt das Rebschutzmittel in einer Polyethylen-Rohrleitung (NW 20) aus unterschiedlichen Düsen (Volumenstrom: 7,5 bis 64 l/h) (Abb. 1). Dieser Entwicklungsabschnitt diente der Beschaffung von Informationen über die Anforderungen betreffend Montage, Funktion, Instandhaltung etc., die das Applikationssystem erfüllen muss.



Abb. 1: In einer 'Cabernet Sauvignon'-Rebenreihe ist die Prototypen-Applikationsanlage mittels Klebeband auf den Spanndrähten montiert.

### APPLIKATIONSANLAGE IN DER EBENE

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Prototypen-Anlagenbau entstand ein funktionierendes Applikationsverfahren in der Ebene (GEYRHOFER, 2013). Aus diesem zweiten Abschnitt resultiert die in Abbildung 2 dargestellte stationäre Applikationsanlage.



Abb. 2: Applikationsanlage in der Ebene: Befestigt ist das System – zwei Polyvinylchlorid-Rohrleitungen (NW 25), zwei- bzw. vierstrahlige Düsen mit 5,5 l/h Volumenstrom in asymmetrischer Düsenanordnung – mithilfe von Schraubenverbindungen an den Pfählen.

### APPLIKATIONSANLAGE IN DER STEILLAGE

Die Erkenntnisse aus Prototypen- und Ebenen-Anlage fanden Eingang in die Errichtung der stationären Applikationsanlage in einer Steillage (Geyrhofer, 2014). In diesem dritten Abschnitt musste das Anlagensystem mit einer Komponente zur Regulation des hydrostatischen Druckes (Druckregulator) erweitert werden (Abb. 3).



Abb. 3: Die Hydrostatik macht bei der Applikationsanlage in der Steillage den Einbau von Druckminderventilen in die Rohrleitungen erforderlich.

In Abhängigkeit von technischen und geodätischen Parametern sollten die Druckminderer die unterschiedlichen Differenzdrücke zwischen den Düsen ausgleichen – die konkrete Steillagen-Applikationsanlage weist in 5-Meter-Abständen Druckminderer in den Rohrleitungen auf (Abb. 4).



Abb. 4: Ein Druckregulator dient der Kompensation des hydrostatischen Druckes in der Steillagen-Anlage. Das Rebschutzmittel tritt auf der Hangoberseite aus dem mit einer Schraubenverbindung am Pfahl fixierten Rohr in den Druckregulator ein, vermindert seinen Druck beim Durchströmen der Armatur auf 2,5 bar und tritt mit vermindertem Druck Richtung Hangunterseite wieder aus.

#### GERÄTE ZUR MITTELAUFBEREITUNG

Zu den wesentlichen Gerätebestandteilen der Mittelaufbereitung zählen ein Mittelbehälter mit Ablass- und Füllvorrichtung, ein Rührwerk, eine Pumpe mit Filter, Windkessel, Druckeinstellungsventil und Manometer sowie Schläuche mit Schnelkupplungen zur Verbindung mit der Kopfstation der stationären Applikationsanlage, ersichtlich in der Abbildung 5. In der Versuchsanlage

Agneshof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg sind zu diesem Zweck zwei konventionelle Weinbau-Sprühgeräte in Verwendung. Hierbei handelt es sich um zwei für die Drei-Punkt-Hydraulik eines Weinbau-Traktors konzipierte Geräte vom Typ MAXI-SPV der Firma Hardi (Wedemark, Deutschland) mit einem Behälter für 600 Liter Rebschutzmittel bzw. Typ 8-70-EV der Firma Mitterer (Terlan, Italien) mit einem 800-Liter-Behälter. Der Druckaufbau für die gesamte stationäre Applikationsanlage erfolgt über ein mobiles Weinbau-Sprühgerät.



Abb. 5: Mithilfe eines mobilen Weinbau-Sprühgeräts erfolgt die Mitteleinbringung in die stationäre Applikationsanlage. Die Druckenergie reicht dabei aus, gleichzeitig mehrere Rebenreihen, hier sind es zwei Reihen, mit Rebschutzmitteln zu versorgen.

#### KOPFSTATION

Vor der Mitteleinspeisung in das Rohrleitungssystem verfügt die Applikationsanlage über die in der Abbildung 6 ersichtliche Kopfstation, bestehend aus den Elementen Filter, Manometern und Armaturen. Zur Filtrierung des Rebschutzmittels ist ein Scheibenfilter mit 120 M (Firma Netafim, Tel Aviv, Israel) eingebaut. Um den für eine gleichmäßige Mittelverteilung erforderlichen konstanten Arbeitsdruck von 3 bar zu gewährleisten, ist jeweils vor und nach dem Filter ein Federmanometer mit einem Messbereich von 0 bis 10 bar eingebaut. An den Enden der Rohrleitungen befinden sich auf der Kopfstation-Seite ein Rohrbogen 90°, eine Kupplung und zwei Armaturen (Drehklappen) aus Polyethylen, hergestellt von der Firma Palaplast (Thessaloniki, Grie-

chenland). Mit diesen Teillängenschaltventilen – der Absperrkörper bewegt sich um eine Drehachse quer zur Fließrichtung – können die einzelnen Rohrleitungen zu- oder abgeschaltet werden bzw. ist ein komplettes Absperrn des Rohrleitungssystems möglich. Die beiden Rohrenden auf der der Kopfstation abgewandten Seite sind durch zwei Rohr-Formstücke (Polyethylen-Kappen) verschlossen.



Abb. 6: Kopfstation einer stationären Applikationsanlage; der Filter dient der Vermeidung von Verunreinigungen und Fehldosierungen, die Federmanometer messen den Arbeitsdruck, und die Armaturen steuern den Volumenstrom in den Rohrleitungen.

## ROHRLEITUNGSSYSTEM

Zur Längsverteilung der Rebschutzmittel sind im Abstand von 0,7 m zwei Rohrleitungen – ein oberes Rohr in der Laubzone und ein unteres Rohr in der Traubenzone – mit den darauf fixierten Düsen in der Rebenreihe montiert. In UV-beständigen Polyvinylchlorid-Rohrleitungen (NW 25) der Firma Van de Lande B.V. (Raamsdonksveer, Niederlande) strömen die Rebschutzmittel (Abb. 7). Zusätzlich ist an der Anschlussseite noch der Einbau verschiedener Rohr-Formstücke (Reduzierstück, Abzweigung 90°) erforderlich (Firma Irritec, Capri Leone, Italien).



Abb. 7: Ein Verbindungsschlauch versorgt die beiden Rohrleitungen in der Rebenreihe, die für die Verteilung der Rebschutzmittel in Längsrichtung sorgen.

Für die Befestigung der Rohrleitungen an den Pfählen dienen lösbare Schraubenverbindungen, wie Abbildung 8 zeigt. Um die einzelnen Rohrleitungsabschnitte zu verlängern, kommen Gewinde mit Klebemuffe und Muffen-Nippel aus Polyvinylchlorid (Firma Van de Lande B.V., Raamsdonksveer, Niederlande) sowie zusätzliche Klebebänder zur Anwendung.



Abb. 8: Die Position der Polyvinylchlorid-Rohrleitung – vorgegeben durch die Rebenhöhe – ist mit einer Schraubenverbindung fixiert. Eine genaue Längsverteilung der Mittel lässt sich nur durch einen gleichbleibenden Abstand zwischen den Rohren in der Laub- bzw. Traubenzone erzielen.

In Abhängigkeit von der Höhe des zeitlich bedingten Rebenwuchses bzw. der Ausbringung unterschiedlicher Mittel (Insektizide, Botrytizide) ist eine jeweilige Zu- oder Abschaltung der Rohrleitungen möglich. Hinsichtlich Vermeidung horizontaler Ausbringungsschwankungen sind einerseits ein konstanter Abstand zwischen den Rohren und andererseits ein Druckausgleich innerhalb der Rohre bei Anlagen in der Steillage notwendig. Um den hydrostatischen Druck in der Steillagen-Anlage zu kompensieren, sind Druckregulatoren der Firma Netafim (Tel Aviv, Israel) im Abstand von fünf Metern in die Rohre eingebaut; sie bewerkstelligen eine Druckminderung auf 2,5 bar Ausgangsdruck.

## DÜSEN

Die Düsen verteilen die Rebschutzmittel mit ausreichender Auftreffgeschwindigkeit und großem Auftreffwinkel gleichmäßig auf die Rebenzielflächen. Da sich die Ausbringungsmenge (Durchflussvolumen) bei der Druckzerstäubung proportional zum Düsendurchmesser und zur Quadratwurzel des Düsendruckes verhält (PRANDTL und OERTEL, 2002), lässt sich diese mit den beiden Applikationsparametern (Durchmesser und Druck) variieren. Bei der stationären Applikationsanlage befinden sich Düsen aus Polyethylen der Firma Netafim (Tel Aviv, Israel) jeweils im Abstand von ca. 1,0 m in der oberen bzw. unteren Rohrleitung, wobei die Düsen eine Asymmetrie in der Anordnung von 0,5 m zwischen oben und unten erkennen lassen. In der oberen Rohrleitung sind zweistrahlige Düsen vom Typ COOLNET PRO™ TEE mit T-Form eingeschraubt; sie erzeugen bei einem Druck von 3 bar eine seitlich horizontale Strahlströmung mit einem Volumenstrom von 4,8 l/h je Düsenöffnung (Abb. 9).



Demgegenüber strömt in der unteren Rohrleitung das Mittel aus vierstrahligen Düsen vom Typ COOLNET PRO™ CROSS mit Kreuz-Form jeweils in einem Winkel von 45° seitlich nach oben – die beiden 45° nach unten gerichteten Öffnungen sind mit selbsthaltenden Polyvinylchlorid-Kappen verschlossen. Eine 3-bar-Druckeinstellung bewirkt bei diesem Düsentypus 4,8 l/h Ausstoßmenge je Düsenöffnung (Abb. 10).



Abb. 10: Aus den beiden oberen Öffnungen der kreuzförmigen Düse der unteren Rohrleitung (Traubenzone) tritt ein 45°-Strahl schräg nach oben aus; die unteren Düsenöffnungen sind – bedingt durch den Wuchs der Reben – funktionslos.

## GERÄT ZUR ANLAGENREINIGUNG

Um ein einwandfreies Funktionieren der stationären Applikationsanlage zu gewährleisten, sind das Entfernen von Mittelresten sowie das Reinigen der Armaturen und Rohrleitungen samt Düsen unerlässlich. Die Restmengenentfernung bzw. Reinigungsarbeit bei Applikationsende oder beim Wechsel von Rebschutzmitteln erfolgt mittels technischer Nutzung von Druckluft (BÖSWIRTH, 2007). Für die Verdichtung der Luft ist der in Abbildung 11 dargestellte Kompressor (11 bar maximaler Druckaufbau, 4 kW Motorleistung) verantwortlich.

Abb. 9: Durch die in der oberen Rohrleitung (Laubzone) T-förmige Düse wird ein stationäres Applizieren von Rebschutzmitteln in horizontaler Richtung ermöglicht. Zur Überprüfung der erreichten Applikationsqualität bietet sich das (gelbe) Water-Sensitive-Paper an.



Abb. 11: Für die Mittelentfernung und Reinigung im Inneren der Applikationsanlage eignet sich Druckluft. Der dafür notwendige Druck wird von einem Kompressor mit 200-l-Druckluftbehälter aufgebaut.

**WATER-SENSITIVE-PAPER**

Mithilfe des in den 1980er-Jahren entwickelten Water-Sensitive-Paper (WSP) ist eine visuelle Beurteilung der Applikationsqualität – gemessen als Bedeckungsgrad der Rebenflächen – bei niedrigen Ausbringungsmengen leicht durchführbar. Dabei handelt es sich um ein Papier mit einer speziell beschichteten Ummantelung, deren gelbe Oberfläche sich beim Kontakt mit wässrigen Tropfen (Tropfendurchmesser > 30 µm) dunkelblau verfärbt – siehe Abbildung 12. Das wasserempfindliche Papier (Typ 76 x 26 mm) für die Beurteilung der Applikationsqualität der stationären Anlage stammt von der Firma Quantifoil Instruments (Jena, Deutschland).



Abb. 12: Das Water-Sensitive-Paper detektiert durch einen Farbumschlag von gelb auf blau die angelagerten Rebschutzmittel. Dadurch lässt sich die Applikationsqualität ohne aufwändige Analytik direkt im Felde beurteilen.

Eine quantitative Auswertung kann mittels Auszählen der Tropfen oder automatisierten Bildanalyzesystemen erfolgen. Ab einer Tropfendichte von ca. 400 Tropfen/cm<sup>2</sup> treten bei der Auszählmethode allerdings Probleme auf, da sich die Tropfen überlappen (MARÇAL und CUNHA, 2008). Bei der Überprüfung der Qualität stationären Applizierens erfolgt die Tropfenausählung durch eine prozentuale Schätzung in Form eines Vergleichs mit Benetzungsmustern – Blaufärbung von 0 bis 100 Prozent auf gelbem Hintergrund – der Firma Syngenta (Basel, Schweiz).

**METHODEN**

**APPLIKATIONSVORGANG**

Der Applikationsvorgang beginnt durch Einleiten der – in einem mobilen Weinbau-Sprühgerät zuvor aufbereiteten – Rebschutzmittel über einen Verbindungsschlauch zwischen Gerät und Kopfstation in die stationäre Anlage bei einem Eingangsdruck von 3 bar. In den Rohrleitungen mit den Düsen findet anschließend die Mittelverteilung in der Rebenkultur statt. Fließt ein Mittel durch die Applikationsanlage, so muss es dabei Reibungswiderstände an den Armaturen, Rohrleitungen, Rohr-Formstücken und Düsen überwinden (BÖGE, 2006). Die Folge ist ein Druckabfall (Druckverlust), der beispielsweise in der Ebenen-Anlage 'Cabernet Sauvignon' 5,66 bar beträgt (FRANK, 2014). Ein in der Kopfstation installierter Regelmechanismus ermöglicht das Zu- und Abschalten des Rohrleitungssystems. Die in den Rohrleitungen angebrachten Düsen zerstäuben das Behandlungsmittel und bringen es je nach Anordnung unter einem horizontalen oder 45° aufwärtslaufenden Strahl aus. Bedingt durch unterschiedliche Vegetationsstadien und Kulturmaßnahmen in den Rebenkulturen variiert die Dauer des Applizierens (Tab. 2). Nach beendeter Applikation erfolgt die Reinigung des Systems auf pneumatischem Weg.

Tab. 2: Applikationsdaten der Rebenanlagen

Rebenanlage	Datum	BBCH-Code	t (min)	V/l (L/m)
Cabernet Sauvignon	Juli 2012	77	1,5	0,5
Grüner Veltliner*	Juli 2011	79	1,5	0,5
Grüner Veltliner**	Juli 2013	77	1,5	0,5

BBCH = Biol. Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chem. Industrie, l = Länge, t = Applikationszeit, V = Applikationsvolumen, \*"Stiftsacker"-Anlage, \*\*"Rothäcker"-Anlage

## MEHRREIHIGE APPLIKATION

Das Bestreben, durch eine hohe Schlagkraft die Rebschutzarbeiten im Weingarten optimal und termingerecht zu erledigen, ist eine zentrale Forderung der Applikationstechnik. Vor diesem Hintergrund ist die mehrreihige stationäre Applikation zu sehen: Unter den gegebenen Einsatzbedingungen findet zunächst durch die eingebaute Verzweigungsarmatur in der Anlagen-Kopfstation – ersichtlich in Abbildung 13 – eine Aufteilung der Rebschutzmittel statt. Danach wird das Mittel jeweils in die einzelnen Rohrleitungssysteme der Rebenkultur eingespeist.



Abb. 13: Bei dieser dreireihigen Applikation lässt sich aufgrund der effizienten Ausbringung der Zeitaufwand für eine Rebenbehandlung minimieren.

## ANLAGENREINIGUNG

Zur Vermeidung des Antrocknens der Mittelrestmengen bzw. Verstopfens der Düsen erfolgt die Reinigung der stationären Anlage unmittelbar nach Beendigung des Applikationsvorgangs. Bei dieser Innenreinigung wird die technische Restmenge (verbleibende Mittel in Armaturen, Rohren und Düsen) mithilfe von Druckluft entfernt. Die im Kompressor erzeugte Druckluft

durchströmt die Anlage unter einem Druck von 10 bar, wo sie die restlichen Mittel verdrängt und infolgedessen das Innere der Anlage reinigt. Dadurch wird die Restmenge des Behandlungsmittels auf die Rebenflächen befördert; diese Menge gilt es bei der zuvor durchgeführten Berechnung des Mittelaufwandes zu berücksichtigen. Der Zeitbedarf für den Reinigungsvorgang ist relativ niedrig; er betrug in der 'Cabernet Sauvignon'-Rebenreihe ca. vier Minuten (FRANK, 2014).

## ANLAGENÜBERPRÜFUNG

Zu prüfende Teile der stationären Applikationsanlage sind Filter, Manometer, Armaturen, Rohrleitungen und Düsen (WAGNER, 2008). Neben der visuellen Anlagenprüfung ist eine fachkundige Überprüfung der Düsenausstoßmenge in der Steillagen-Anlage, das heißt, eine Evaluation hinsichtlich eines konstanten Rohrleitungsdrucks, erforderlich. Als Methode kommt das "Auslitern durch direktes Auffangen und Messen" (WALG, 2007) zur Anwendung. Hierzu sind in der Anlage in einem Messabstand von fünf Metern die Düsen durch Kunststoffschläuche mit Messgefäßen verbunden. Nach dem Füllen des Rohrleitungssystems fließt das Rebschutzmittel bei 3 bar Druck in der Zeit von 90 Sekunden durch die Schläuche in die Gefäße; eine anschließende Auswertung ergibt die Ausstoßmenge je Düse.

## BEURTEILUNG DER APPLIKATIONSQUALITÄT

Für die Aufgabe, die Qualität der stationären Applikation zu beurteilen, ist ein Anbringen von Streifen aus wasserempfindlichem Papier in den Rebenkulturen erforderlich. In Abhängigkeit von Rebensorte und -wuchs werden dazu im Bereich der Laub- und Traubenzone sowie an der Außenseite und in der Mitte der Raumkultur eine unterschiedliche Zahl an Water-Sensitive-Paper (WSP) – in der Regel 10 bis 15 Streifen – deponiert. Nach Beendigung des Applikationsvorganges sind die Streifen von den Reben zu entfernen und sogleich unter Zuhilfenahme des Vergleichsmusters die Blau/Gelb-Prozentanteile der Flächen zu schätzen.

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von großer Bedeutung für die Einführung der stationären Applikationstechnik im Weinbau ist das Verstehen grundlegender technischer und wirtschaftlicher Zusammenhänge. Es handelt sich um ein einfaches technisches Verfahren: Die Anlage lässt sich einfach montieren, bedienen und auch automatisieren. Da das Befahren der Rebenzeilen entfällt, bringt dies neben einer produktionstechnischen Erleichterung auch eine Senkung der Produktionskosten.

### STATIONÄRE APPLIKATION IN DER EBENE

Der Maßstab für die technische Leistung des stationären Applikationsverfahrens ist die Applikationsqualität, d. h. die Bedeckung der Reben mit Behandlungsmitteln. In der Tabelle 3 sind die Applikationszeit, das Applikationsvolumen und die durchschnittlichen prozentualen Schätzwerte des Bedeckungsgrades – ermittelt mithilfe von Water-Sensitive-Paper – bei den ebenen Rebenkulturen angeführt.

Die Prozentangaben der Tabelle 3 sind dahingehend zu interpretieren, dass mit den Werten die vertikale Position des Rohrleitungssystems (Laub- und Traubenzone) bzw. horizontale Position (Mitte der Raumkultur) in der Rebenkultur wiedergegeben wird. Hinsichtlich der durchschnittlich unterschiedlichen Bedeckungsgrade zwischen den Rebsorten 'Cabernet Sauvignon' und 'Grüner Veltliner' lässt sich konstatieren, dass diese möglicherweise auf deren spezifischer Blattmorphologie und -größe beruhen. Aus den Tabelle-3-Werten lässt sich auch der Schluss ziehen, dass keine besonders großen Unterschiede beim Bedeckungsgrad zwischen der stationären Applikationsanlage und jenem mobiler

Weinbau-Sprühgeräte bestehen (GEYRHOFER, 2008); bei beiden Techniken ist die Applikationsqualität variabel (Abb. 14).



Abb. 14: Stationäre Applikationsqualität bei 'Cabernet Sauvignon'-Reben mit variablem Bedeckungsgrad

Als nachteilig erweisen sich bei der stationären Applikationstechnik in der Ebene einerseits die begrenzte Mechanisierung der Traubenernte und andererseits die Unbeständigkeit der Werkstoffe. Der erste Vorbehalt liegt darin begründet, dass eine maschinelle Traubenernte zu mechanischem Bruch von Anlagenteilen bzw. zum Abrütteln von Düsen führen kann. Betreffend die Auswahl geeigneter Werkstoffe für die Bauelemente erfolgt diese nach technischen Gründen, zum Beispiel wegen Festigkeitsanforderungen, und nach Kostengründen. Zum Teil ist es schwierig, geeignete Werkstoffe zu finden, die bei den zu erwartenden Umweltbedingungen keinen Schaden nehmen (Abb. 15).

Tab. 3: Geschätzter Bedeckungsgrad in Prozent der Rebenkulturen in der Laub- und Traubenzone bzw. in der Raumkulturmitte und -außenseite. Water-Sensitive-Paper bildet die Messmethode für die Bedeckungsgradwerte.

Rebenanlage	t (min)	V/l (L/m)	Laubzone	Traubenzone	Mitte	Außen*	Außen**
Cabernet Sauvignon	1,5	0,5	40,0 %	65,0 %	80,0 %	20,0 %	10,0 %
Grüner Veltliner	1,5	0,5	50,0 %	70,0 %	85,0 %	30,0 %	20,0 %

\*Stationäre Applikationsanlage,\*\*Mobiles Weinbau-Sprühgerät Typ MAXI-SPV der Firma Hardi (Wedemark, Deutschland).  
t = Applikationszeit, V = Applikationsvolumen, l = Länge



Abb. 15: Der vorgegebene Werkstoff Polyvinylchlorid ist aufgrund seiner physikalischen bzw. mechanisch-technologischen Eigenschaften (elastisch-plastische Verformung) für die Rohrleitungen der Applikationsanlage – erkennbar am Durchhängen der Leitungen – nicht geeignet.



Abb. 16: Durch Druckkompensation kann das stationäre Applikationsverfahren auch in der Steillage angewendet werden; dies ermöglicht eine Rationalisierung des Rebschutzes im Steillagenweinbau.

### STATIONÄRE APPLIKATION IN DER STEILLAGE

Aus technischen und ökonomischen Gründen war der chemische Rebschutz im Steillagenweinbau bis in die 1990er-Jahre nur mit der Schlauch- oder Hubschrauberspritzung möglich (DIETRICH, 1995). Wie in Abbildung 16 ersichtlich, ist die stationäre Applikation prinzipiell auch in der Steillage realisierbar und würde dort erhebliche Vorteile gegenüber den konventionellen Methoden darstellen. Allerdings muss hier zusätzlich der hydrostatische Druck kompensiert werden.

Mithilfe des Ausliter-Verfahrens fand die Messung der Düsenausstoßmenge und somit Kontrolle der Druckkompensation statt. Laut Herstellerangaben beträgt der Sollwert für den Ausstoß bei einem Arbeitsdruck von 3 bar je Düsenöffnung 4,8 l/h. In der Tabelle 4 sind die – im Juli 2014 – tatsächlich gemessenen Volumina der Düsenöffnungen in der oberen Rohrleitung (Laubzone) und unteren Rohrleitung (Traubenzone) aufgelistet.

Tab. 4: Ausstoßmenge je Düsenöffnung in Liter pro Stunde (L/h). Die fortlaufende Messstellen-Nummerierung der oberen bzw. unteren Rohrleitung beginnt bei der Anlagen-Kopfstation

Messstellen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obere Rohrleitung	4,6	3,8	4,6	4,8	4,0	4,2	4,0	4,0	5,2	5,2
Untere Rohrleitung	5,2	5,6	4,4	4,8	5,2	4,8	5,0	4,0	4,0	4,4

Tab. 5: Geschätzter Bedeckungsgrad in Prozent der Rebenkulturen in der Laub- und Traubenzone bzw. in der Raumkulturmitte und -außenseite. Water-Sensitive-Paper bildet die Messmethode für die Bedeckungsgradwerte.

Rebenanlage	t (min)	V/l (L/m)	Laubzone	Traubenzone	Mitte	Außen
Grüner Veltliner	1,5	0,5	50,0 %	70,0 %	80,0 %	25,0 %

t = Applikationszeit, V = Applikationsvolumen, l = Länge

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die Ist-Messwerte von den Soll-Werten erheblich abweichen. Hier kommen die verschiedensten Ursachen in Frage: Messfehler (Messungenauigkeit der Manometer, Ablesefehler), Ablagerungen im Rohrleitungssystem (anorganische und/oder organische Partikel), nicht funktionierende Druckregulatoren. Die Ergebnisse des geschätzten Bedeckungsgrades, erhoben mit Water-Sensitive-Paper, für die Reben der Sorte 'Grüner Veltliner' in der Steillage enthält Tabelle 5; diese Werte sind mit jenen der Rebenkultur in der Ebene vergleichbar.

#### WIRTSCHAFTLICHKEIT DER STATIONÄREN APPLIKATIONSTECHNIK

Eine Kalkulation der entstehenden Kosten muss einerseits den Kapitalbedarf (Anschaffungskosten), und

andererseits den Arbeitszeitbedarf (Arbeitskosten) berücksichtigen (MÜLLER, 2012). Der Kapitalbedarf hängt im Wesentlichen von der Anlagengröße (degressive Fixkosten), der Art und Anzahl der Rohrleitungen und Düsen sowie der Montage-Eigenleistung ab. Bezogen auf die Fläche in der Ebene bzw. Steillage bewegen sich die Kapitalkosten zwischen € 20.000,00 und € 34.000,00 pro Hektar (FRANK, 2014). Die Arbeitskosten wiederum sind maßgeblich durch das Nichtbefahren der Rebengassen bzw. die jeweiligen Kulturmaßnahmen, wie beispielsweise den Rebenschnitt, determiniert und lassen sich nur schwer kalkulieren. Aus den genannten Gründen ist ein Potenzial zur Senkung der Produktionskosten erkennbar, jedoch gilt es, dieses in Langzeitversuchen noch zu verifizieren.

#### LITERATUR

BÄCKER, G. 2006: Gebläsetechnik im Überblick. Dt. Weinmagazin (7): 30-34

BÖGE, A. 2006: Technische Mechanik. Statik, Dynamik, Fluidmechanik, Festigkeitslehre. 27. Aufl. – Wiesbaden: Vieweg, 2006

BÖGE, A., BÖGE, W., BORUTZKI, U., WEIDERMANN, F. UND WIELAND, P. 2007: Maschinenelemente. In: Böge, A. (Hrsg.): Vieweg-Handbuch Maschinenbau. Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik. S. 1-195. 18. Aufl.– Wiesbaden: Vieweg, 2007

BÖSWIRTH, L. 2007: Technische Strömungslehre. 7. Aufl. – Wiesbaden: Vieweg, 2007

DIETRICH, J. 1995: Mechanisierung und Produktionsplanung im Steillagenweinbau. KTBL-Schrift 366. – Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 1995

FRANK, K. 2014: Strömungstechnische Berechnungen und Kostenermittlung zur stationären Applikationstechnik und experimentelles Entleeren des Rohrleitungssystems. HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Diplomarbeit

GEYRHOFER, A.F. 2008: Zielobjektorientierter Pflanzenschutz. Applikationstechnik im Weinbau, Teil 1. Der Winzer 64 (4): 14-17

GEYRHOFER, A.F. 2011: Pflanzenschutzmittel stationär ausbringen. Die Zukunft im Weinbau? Der Winzer 67 (5): 14-17

GEYRHOFER, A.F. 2013: Das Konzept „Stationäre Applikationstechnik“. Dt. Weinbau (8): 22-26

GEYRHOFER, A.F. 2014: Stationäre Applikationstechnik – quo vadis? Rebschutz mit moderner Technik. Dt. Weinmagazin (21): 18-22

GEYRHOFER, A.F., HANAK, K., SCHMUCKENSCHLAGER, B. UND KICKENWEIZ, M. 2010: Strömungstechnische Untersuchungen zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln im Wein- und Obstbau. Mitt. Klosterneuburg 60: 297-305

MARÇAL, A.R.S. UND CUNHA, M. 2008: Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. Transactions Amer. Soc. Agric. Biol. Engineers 51 (3): 811-821

MEYER, J. 1998: VERFAHRENSTECHNIK DES PFLANZENBAUES. IN: Schön, H. (Hrsg.): Landtechnik Bauwesen. Die Landwirtschaft. S. 173-324., Bd. 3, 9. Aufl. – München: BLV, 1998

- MÜLLER, J. 2012: BETRIEBSWIRTSCHAFTSLEHRE DER UNTERNEHMUNG. – Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel, 2012
- MÜLLER, J. 2012: Grundlagen und Phänomene. S. 57-207. 11. Aufl.– Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 2002
- PRANDTL, L. UND OERTEL, H. 2002: Dynamik der Flüssigkeiten und Gase. In: Oertel, H. (Hrsg.): Prandtl-Führer durch die Strömungslehre. Würzburg: Vogel, 2008
- WAGNER, W. 2008: Rohrleitungstechnik. 10. Aufl. – Würzburg: Vogel, 2008
- WALG, O. 2007: Taschenbuch der Weinbautechnik. 2. Aufl. – Mainz: Fraund, 2007

Eingelangt am 3. August 2015