



Rheinland-Pfalz

Dienstleistungszentren  
Ländlicher Raum

**Förderkennzeichen: 2811HS004**  
**Aktenzeichen: 314-06.01-2811HS004**

**„Bekämpfung von Beikräutern in Steillagen im Zusammenhang mit der herbizidfreien Unterstockbehandlung, gestützt auf Unterstockabdeckungen und dem RMS (Raupenmechanisierungssystem)-Einsatz“**

**Laufzeit: 01.01.2013 bis 30.09.2016**

***-Abschlussbericht-***

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Mosel  
Abteilung Weinbau und Oenologie  
Gartenstraße 18  
54470 Bernkastel-Kues

## **Inhalt**

<b>1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	3
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	6
<b>2. Material und Methoden .....</b>	<b>8</b>
2.1 Arbeitsfeld A und B .....	8
2.1.1 Die Versuchsflächen in Arbeitsfeld A und B.....	8
2.1.2 Die notwendigen Arbeiten zur Bewertung der Versuchsvarianten in Arbeitsfeld A und B .....	8
2.2 Grundsätzliche Überlegungen für das Arbeitsfeld C und bereitgestellte bereit gestellte Maschinen und Geräte.....	10
2.2.1 Bestimmung eines geeigneten Anbauraumes für den RMS Betrieb .....	10
2.2.2 Die Unterstockbürste Multi-Clean der Firma Clemens.....	12
2.2.3 Das Unterstockpflegeprogramm der Firma Braun .....	13
2.2.4 Die Krautbürste NaturaGriff 500 .....	14
2.2.5 Duplexscheiben der Firma Rust .....	16
2.2.6 Maschinenkombination Scheibe und Kress-Fingerhacke der Firma Clemens.....	17
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>18</b>
3.1 Ausführliche Darstellungen der wichtigsten Ergebnisse .....	18
3.1.1 Ergebnisse der Arbeitsfelder A und B.....	18
3.1.2 Ergebnisse im Arbeitsfeld C .....	30
3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	40
<b>4. Zusammenfassung .....</b>	<b>44</b>
<b>6. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen mit Hinweisen auf eine weiterführende Fragestellung.....</b>	<b>45</b>
<b>7. Literatur .....</b>	<b>46</b>

## 1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Weinberge spielen in den jeweiligen Anbaubereichen nicht nur ökonomisch eine zentrale Rolle, sondern sie prägen entscheidend den Charakter des Landschaftsbilds und machen sie somit auch touristisch attraktiv. In besonderem Maße trifft dies bei den traditionellen Weinbausteillagen in den Flusstälern von Ahr, Mosel, Nahe und Rhein zu.

Allerdings bedingt die z. T. sehr starke Hangneigung eine erschwerte Bewirtschaftung, sodass viele erforderliche Arbeiten nur schwer zu mechanisieren sind, bzw. immer noch manuell durchgeführt werden müssen. Insbesondere gilt dies für die Bekämpfung von Beikräutern im Unterstockbereich, vor allem wenn der Praktiker auf den Einsatz von Herbiziden verzichten möchte. Somit ist gerade auch die ökologische Bewirtschaftung der Steillagen erheblich limitiert.

Das Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist daher, nachhaltige und den Richtlinien des ökologischen Weinbaus entsprechende Strategien zur Unterstockbodenpflege in Steillagen zu etablieren, damit so ein wesentliches Hindernis für die herbizidfreie Bewirtschaftungsweise überwunden werden kann.

### 1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Um dem eingangs formulierten Ziel der herbizidfreien Bewirtschaftungsweise im Steilhang gerecht zu werden, verfolgt das Forschungsvorhaben gemäß der zugrunde liegenden Vorhabensbeschreibung drei wesentliche Themenschwerpunkte. Das Arbeitsfeld A sieht eine Beikrautunterdrückung mittels geeigneten Abdeckungsmaterialien vor. Diese sind zum einen Rindenmulch, zum anderen grobkörnige Lava.

Beim Arbeitsfeld B soll dem unerwünschten Auflaufen von Beikräutern durch die gezielte Ansiedlung von bestimmten bodendeckenden Begrünungspflanzen entgegengewirkt werden. Diese sind gemäß dem Vorhabensantrag das kleine Habichtskraut (*Hieracium pilosella*), der Bodenfrüchtige Klee (auch „Erdklee“ genannt, *Trifolium subterraneum*) sowie der scharfe Mauerpfeffer (*Sedum acre*).

Da sich Abdeckungen und Begrünungen im Hinblick auf die spätere Betreuung und Datenerhebung (Bonituren, notwendige Messungen) nicht grundlegend unterscheiden, können

diese direkt miteinander verglichen werden. Daher werden im folgenden Bericht diese Methoden immer in Kombination angesprochen.

Die zu untersuchenden Versuchsvarianten sind:

1. Unbehandelte Kontrolle
2. Herbizidanwendung
3. Rindenmulchabdeckung
4. Lavaabdeckung
5. Begrünung: Kleines Habichtskraut (*Hieracium pilosella*)
6. Begrünung: Scharfer Mauerpfeffer (*Sedum acre*)
7. Begrünung: Bodenfruchtiger Klee (*Trifolium subterraneum*)
8. Begrünung: Delinat Submed-Mischung

Grundsätzlich ist zunächst zu ermitteln ob, die Abdeckungsvarianten und vor allem die Lava sich überhaupt für den Einsatz im Steilhang eignen.

Besonders gilt zu prüfen, inwieweit der Nährstoffhaushalt der Rebe durch die geplanten Eingriffe beeinträchtigt wird. Durch die angesiedelten Begrünungspflanzen könnte beispielsweise eine Nährstoffkonkurrenz auftreten, wohingegen bei den Abdeckungsvarianten durch eine Anreicherung des Humusanteils eine verbesserte Nährstoffsituation geschaffen werden kann. Aus diesem Grund sind zunächst vor Beginn der Maßnahmen und danach in jährlichen Abständen Bodenproben von sowohl Ober- als auch Unterboden zu entnehmen.

Weiterhin ist zu untersuchen, ob der Wasserhaushalt der Rebe durch die genannten Abdeckungs- bzw. Begrünungsstrategien beeinträchtigt wird. Denn es ist davon auszugehen, dass die Abdeckungen mit Rindenmulch und Lava eine Art Dampfsperre bilden können, sodass der übermäßigen Evaporation des Bodenwassers entgegengewirkt werden kann. Umgekehrt verhält es sich mit den Unterstockbegrünungsmethoden. Denn obwohl gezielt Pflanzenarten ausgewählt wurden, die einen sehr geringen Wasserverbrauch aufweisen, können diese dennoch in extremen Trockenperioden in unmittelbare Konkurrenzsituation zur Rebe treten. Um den Wasserhaushalt des Rebbestandes zu überwachen sind in regelmäßigen Intervallen die Messung des frühmorgendlichen Blattwasserpotentials sowie die Bodenfeuchtemessung mittels Diviner erforderlich. Um letztere zu realisieren, müssen etwa fünfzig Divinermessstationen bestehend aus Divinerrohren eingerichtet werden.

Weiterhin ist auch das harmonische Wuchsverhalten der Rebe ein wesentlicher Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Rebbestandes. Hierfür wird eine Wuchsbonitur durchgeführt, damit die Einflussnahme der einzelnen Versuchsvarianten aufgezeigt werden kann. Da sich ein schwacher bzw. ein sehr starker Wuchs entscheidend auf die Traubengesundheit auswirkt, ist darüber hinaus eine Botrytisbonitur vorgesehen. Letztere beschreibt den Traubenbefall durch den pilzlichen Schwächeparasit *Botrytis cinerea* und bietet Aufschluss über Befallshäufigkeit und Befallsstärke.

Die RMS (Raupenmechanisierungssystem)-gestützte und damit maschinelle Beikrautbekämpfung ist im dritten Arbeitsfeld C vorgesehen. Eine Kombination von den Arbeitsfeldern A und B mit den für das Arbeitsfeld C vorgesehenen Versuchsvarianten ist nicht sinnvoll, da für diesen Versuchsbereich völlig andere Auswertungskriterien angewendet werden. Darüber hinaus müssen für einen effizienten Maschineneinsatz deutlich größere Versuchsflächen zur Verfügung gestellt werden, was den Versuchsumfang deutlich sprengen würde. Aus diesem Grund werden diese auf den zum einen auf Flächen der Staatlichen Weinbaudomäne in Trier-Avelsbach bzw. auf externen Flächen von Winzern angelegt.

Einen wichtigen Ansatz zur maschinellen Unterstockbewirtschaftung stellt der Einsatz von Rotorbürsten dar. Der große Vorteil dieses Systems liegt vor allem darin, dass dieses Bearbeitungsgerät keine aufwändige Tastersteuerung benötigt und somit im Idealfall eine sehr hohe Arbeitsgeschwindigkeit erreicht werden kann. Ein eigens mit der Firma Clemens und mit der Hochschule Trier entwickelter Überzeilenrahmen stand bereits in 2013 zu Testzwecken zur Verfügung stehen und weitere Testfahrten sollten in 2015 erfolgen, um die grundsätzliche weinbauliche Eignung der Maschine zu testen. Ferner sollen die in 2013 generierten Ergebnisse dazu herangezogen werden, um optimale Einsatzstrategien für den Überzeilenrahmen in Leistbauweise zu entwickeln.

Weitere Maschinen, die sich für die Unterstockbewirtschaftung eignen, wie z. B. Flachscharfgeräte, Kreiselkrümler und Unterstockmulchgeräte waren für Laufzeit des Vorhabens zu leasen und umfangreichen Tests zu unterziehen. Neben der grundsätzlich weinanbautechnischen Eignung für den Einsatz im Steilhang waren bereits zu Beginn der Testphase in 2014 zunächst eine Reihe von technischen Fragestellungen zu lösen. So war beispielsweise zu klären, wo die genannten Maschinen an dem Trägerfahrzeug angebaut werden sollen.

## 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Bei Betrachtung der Anbauverfahren für den Weinbau in der Ebene wird deutlich, dass bereits zu Beginn des Forschungsvorhabens eine ganze Reihe an Maschinen und Gerätekombinationen vorhanden sind, welche zielgerichtet auf die vorgefundenen Standortbedingungen angepasst eingesetzt werden können. Angefangen bei Rotorbürsten bis hin über tastergesteuerte Geräte wie Unterstockmulcher, Flachschar, etc. bis hin zum Scheibenpflug stehen dem Praktiker zumindest für die Ebene in ausreichender Form Geräte für den Herbizidverzicht zur Verfügung. Ferner wurde bereits seit den 1990ern sehr stark in der Fachliteratur über die Thematik mechanische Unterstockbodenpflege berichtet (vergl. Literaturverzeichnis Kapitel 7). Dennoch ist zu beobachten, dass ungeachtet dessen sehr oft noch auf den Einsatz von Herbiziden zurückgegriffen wird, um den Unterstockbereich bewuchsfrei zu halten. Begründet ist diese Entwicklung vor allem darin, dass sich der Herbizideinsatz oftmals deutlich günstiger realisieren lässt. Hinzu kommen etwaig negative Erfahrungen mit veralteten Flachschargeräten, welche in den 1980ern und 1990ern eingesetzt wurden. Bei falscher Handhabung kam es sehr häufig zu Verletzungen am Rebstamm, sodass die Rebanlage durch den Einsatz sehr stark in Mitleidenschaft gezogen wurde. Ferner war die Arbeitsleistung bei gerade einmal 3 bis bestenfalls 4 km/h in der Rebzeile, sehr gering. Vor allem bei einem einseitigen Einsatz konnte keine wirtschaftliche Arbeitsleistung erzielt werden, zumal der Anwendungserfolg sehr stark von der darauffolgenden Witterung abhing. Herbizidgeräte sind in der Regel Bandspritzgeräte, welche sehr einfach konzipiert sind. Bei vergleichsweise geringen Kosten konnte somit einfach und effizient gearbeitet werden.

Hinzu kommt die bis dato vertretene Meinung der staatlichen Beratung, dass durch den Herbizid Einsatz keine Bodenlockerung erfolgt und somit in Hang- und Steillagen die Gefahr vor einer Bodenerosion weitgehend gebannt ist. Wie in der Literatur zu entnehmen ist, kann das absterbende Beikraut einen Erosionsschutz bieten (Müller, et al. 1999). Ferner berichtet Walg von einer besseren Ökobilanz durch den Herbizideinsatz, da in der Regel eine zweimalige Anwendung pro Saison ausreichend ist, fallen somit geringere Überfahrten welche mit Boden- und Luftbelastung einhergehen an (Walg, 2007). Somit ist es nicht verwunderlich, dass ungeachtet der Orientierung am Verbraucher und des Trends hin zur herbizidfreien Bewirtschaftung der Herbizideinsatz nach wie vor fester Bestandteil der konventionellen Bewirtschaftungspraxis ist. Angefeuert durch die öffentliche Diskussion über den generellen Herbizideinsatz in der deutschen Landwirtschaft ist es demgegenüber durchaus denkbar, über den Verzicht von Herbiziden einen Vermarktungsvorteil zu generieren, wenn

diese im Zuge der Direktvermarktung kommuniziert werden kann, bzw. im großen Stil durch die Mitgliedschaft in einem entsprechenden Ökoverband eine Zertifizierung zu erlangen. Ist der moderne Verbraucher doch bestens informiert und weiß über das Thema oftmals mehr als vom Winzer vermutet, wäre ein Vermarktungsvorteil zumindest partiell mehr als denkbar.

Die im Vergleich zu anderen deutschen Anbaugebieten hohe Anzahl an ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Gebiet Mosel belegt zumindest diese These. Kaum ein anderes Gebiet unterliegt bedingt durch die hohen Produktionskosten im Steilhang einem so hohen Kostendruck. Nur durch eine intakte Selbstvermarktung ist es den Betrieben möglich angemessene Gewinne zu erzielen. Jeder Vermarktungsvorteil, sei es durch eine herbizidfreie Bewirtschaftung ist daher von besonders hohem Nutzen.

Betrachtet man nun die Möglichkeiten für den Steillagenweinbau, so bleiben bedingt durch die bereits eingangs erläuterten Probleme nur sehr kostenintensive Alternativen. Für die manuelle Bekämpfung müssen im besten Fall 60 bis 80 AKh/ha pro Durchgang kalkuliert werden. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen sind mindestens 2 bis 4 Durchgänge erforderlich. Neben den Ertragsverlusten infolge von Nährstoffkonkurrenz, Wassermangel und weil die Laubwand bei starkem Unterwuchs nur unzureichend belüftet ist, ggf. auch durch phytosanitäre Probleme, fallen für die manuelle Bekämpfung nicht selten Kosten über 2000 €/ha und deutlich höher an. Dementsprechend wäre zu erwarten, dass bereits im Vorfeld das Thema herbizidfreie Bewirtschaftung im Steilhang näher beleuchtet wurde. Nach bisherigem Wissensstand erfolgen nur seitens der Biologischen Bundesanstalt (BBA Bernkastel-Kues) bzw. des daraus entstandenen Julius-Kühn-Institutes entsprechende Untersuchungen. Hier wurden bereits unterschiedliche Unterstockbegrünungspflanzen wie Erdklee, Taubnessel, Habichtskraut, Dachtrespe, Blutfingerhirse und Magerrasen untersucht. Die generelle weinbauliche Relevanz bzw. die langfristige Eignung konnte jedoch noch nicht abgeschätzt werden (Mohr, 2000). Ferner wurde über den enormen Verschleiß mechanischer Unterstockpflegegeräte berichtet. Der Einsatz einer speziellen Gummilappenbürste der Firma Siegwald versprach langfristig eine herbizidfreie Bewirtschaftung selbst in Steillagen zu ermöglichen. Die im Literaturverzeichnis angegebenen Fachartikel beschränken sich in erster Linie mit dem Weinbau in der Ebene.

Aus heutiger Sicht konnten sich durch den kostengünstigeren Herbizideinsatz sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Weinbau keine der von Mohr aufgezeigten genannten Herbizidalternativen dauerhaft und flächendeckend im Steilhang etablieren. Die manuelle Beikrautregulierung ist zu Beginn des Vorhabens eine sehr kostenintensive jedoch gängige Praxis im ökologischen Steillagenweinbau.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Arbeitsfeld A und B

Wie bereits in Kapitel 1.1 dargestellt resultieren im Arbeitsfeld acht Versuchsvarianten:

1. Unbehandelte Kontrolle
2. Herbizidanwendung
3. Rindenmulchabdeckung
4. Lavaabdeckung
5. Begrünung: Kleines Habichtskraut (*Hieracium pilosella*)
6. Begrünung: Scharfer Mauerpfeffer (*Sedum acre*)
7. Begrünung: Bodenfruchtiger Klee (*Trifolium subterraneum*)
8. Begrünung: Delinat Submed-Mischung

#### 2.1.1 Die Versuchsflächen in Arbeitsfeld A und B

Die erste Versuchsfläche im Kueser Kardinalsberg („Alter Bann“) weist eine Steigung von etwa 20% auf. Der Versuch setzt sich aus vier Wiederholungen zu je 50 Stock zusammen. Bei einem Standraum von 2,4 m<sup>2</sup> pro Rebstock ergibt sich eine Versuchsfläche von insgesamt 3840 m<sup>2</sup>. Als zweiter Standort wurde der Schlossberg in Zeltingen gewählt, welcher mit durchschnittlich etwa 50% bis 65% Steigung eine gebietstypische Steillage darstellt. Hier wurden, bedingt durch die topographischen Gegebenheiten, lediglich drei Wiederholungen zu je 25 Stock angelegt. Bei einem Standraum von ebenfalls 2,4 m<sup>2</sup> pro Rebstock resultiert somit eine Gesamtfläche von 1440 m<sup>2</sup>.

#### 2.1.2 Die notwendigen Arbeiten zur Bewertung der Versuchsvarianten in Arbeitsfeld A und B

Der erste zu untersuchende Parameter war der Nährstoffhaushalt des Unterstockbodens. Dazu wurde über die gesamte Projektlaufzeit jährlich sowohl der Ober- als auch der Unterboden beprobt und analysiert. Da davon ausgegangen werden kann, dass sich die einzelnen Versuchsglieder insbesondere die Begrünungen hinsichtlich des Nährstoffverbrauches unterscheiden, wäre es interessant festzustellen, ob und inwieweit die einzelnen Begrünungsvarianten als Nährstoffkonkurrent einen Einfluss auf den Rebbestand auswirken.

Demgegenüber ist anzunehmen, dass bei den Unterstockabdeckungsvarianten durch Auftragen von Fremdstoffen einen positiven Einfluss erreicht werden kann.

Bei der Anlage der einzelnen Versuchsvarianten wurde besonderes Augenmerk auf Materialkosten und die benötigten Arbeitskraftstunden gelegt, sodass im Hinblick auf die Kostenbelastung der einzelnen Methoden Aussagen getroffen werden können.

Weiterhin war vor allem die Lava als Abdeckungsmaterial auf ihre Tauglichkeit zu untersuchen. Dazu wurde unmittelbar nach dem Verbau die Schichtdicke an mehreren fixen Messpunkten (etwa alle fünf laufende Meter Rebzeile) erfasst. Nach etwa einem Monat erfolgte abermals die Schichtdickenmessung an denselben Messpunkten sowie kurze Zeit vor der Lese, d. h. etwa vier Monate nach dem Verbau.

Ferner wurden im März 2013 die für die Diviner-Bodenfeuchtemessung erforderlichen Messstationen angelegt. Pro Variante wurden sechs Divinerrohre verbaut, wobei davon vier auf die Versuchsfläche „Alter Bann“ (Kueser Kardinalsberg) und zwei auf die Versuchsfläche „Zeltinger Schlossberg“ entfallen. Sind die Divinerstationen erst einmal eingerichtet, gestaltet sich der eigentliche Messvorgang als überaus leicht. Die mit einem Sensor ausgestattete Messlanze wird lediglich in das senkrecht in den Boden versenkte Divinerrohr (bis zu 1,20 m Tiefe) gesteckt und das Gerät ermittelt in 10 cm großen Abständen die Bodenfeuchtigkeit des am äußeren Rand befindlichen Bodenmilieus. Aufgrund des besonders schnellen Messvorgangs, wurde die Divinermessung im Turnus von einer Woche wiederholt.

Anders als bei der Divinermessung erfolgt die Ermittlung des frühmorgendlichen Blattwasserpotentials (FBP) gerade auch im Hinblick auf das für die Messung sehr enge Zeitfenster, als weitaus schwieriger. Denn um repräsentative und für die Vergleichsbetrachtung verwertbare Ergebnisse zu erheben, muss die Messung unbedingt vor Sonnenaufgang erfolgen. Eine große Menge an Blattmaterial muss in nur wenigen Stunden zunächst gesammelt, für die Messung vorbereitet und mittels Scholanderbombe auf das Blattwasserpotential hin untersucht werden. Aus diesem Grund erfolgte die FBP-Messung zunächst im zweiwöchigen Rhythmus. Aufgrund der Brisanz der in 2014 ermittelten Werte erfolgte in 2015 eine wöchentliche Messung des frühmorgendlichen Blattwasserpotentials.

Zu jährlich drei bis vier Terminen erfolgte eine detaillierte Beikrautbonitur. Dabei wurde nicht nur in besonderen Maße auf den Bedeckungsgrad von unerwünschten Beikräutern bzw. der gezielt angesiedelten Begrünungen eingegangen, sondern es erfolgte auch eine genaue Erfassung der vorgefundenen Beikräuter. Ferner wurde den einzelnen Varianten Boniturnoten zugeteilt, welche Aufschluss über deren weinbauliche Eignung geben.

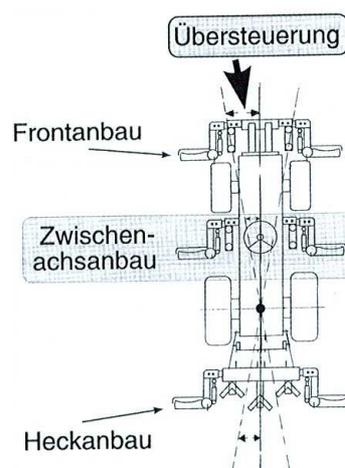
Im September eines jeden Versuchsjahres erfolgte die Wuchsbonitur in den beiden Versuchsflächen. Da wesentliche Indikatoren wie beispielsweise verfrüht einsetzende Herbstverfärbung, Fruchtansatz etc. erst im Spätsommer zu beobachten sind, ist die Wuchsbonitur nur zu diesem Termin durchführbar. Deswegen war im Rahmen des Forschungsvorhabens noch keine Möglichkeit für die Erhebung von Ausgangsdaten gegeben. Demnach sind die Werte, welche in der Versuchsfläche Zeltinger Schlossberg ermittelt wurden die ersten, wobei in der Versuchsanlage Kueser Kardinalsberg im Zuge eines anderen Versuches bereits in 2012 Daten erhoben wurden, die folglich als Ausgangswerte herangezogen werden können.

Unmittelbar vor der Lese wurden die einzelnen Varianten einer Botrytisbonitur unterzogen. Während der Lese wurden Erntemenge und die analytischen Daten ausgewählter Versuchsvarianten erfasst als Versuchswein angebaut.

## 2.2 Grundsätzliche Überlegungen für das Arbeitsfeld C und bereitgestellte bereit gestellte Maschinen und Geräte

### 2.2.1 Bestimmung eines geeigneten Anbauraumes für den RMS Betrieb

Grundsätzlich ist zu beobachten, dass im Weinbau in der Ebene (im Direktzug) komplexe Unterstockpflegegeräte in den meisten Fällen im sogenannten Zwischenachsenanbau betrieben werden. Dieser Anbauraum bietet eine Vielzahl von Vorteilen. So ist es beispielsweise bei eben dieser Anbaumöglichkeit dem Anwender möglich, vom Fahrersitz aus ungehindert die Maschinekomponente einzusehen und die Arbeitsqualität zu überwachen.



*Abb. 2: Anbauräume an einem Schmalspurradschlepper im Überblick. Der Zwischenachsenanbau ist besonders interessant, da der Effekt des Übersteuerns deutlich geringer ausfällt als bei Heck- bzw. Frontanbau (Walg, 2007)*

Gerade bei Maschinen, die im hochsensiblen Unterstockbereich operieren ist dies besonders wichtig, denn leichte Konzentrations- und Fahrfehler bewirken im Extremfall verheerende Beschädigungen an der Rebanlage, bzw. am Anbaugerät. Ein weiterer und wichtiger Aspekt stellt die Tatsache dar, dass der Anbauraum im Zwischenachsbereich sehr dicht am Lenkpunkt des Schleppers gelagert ist. Bedingt durch diesen geometrischen Grundsatz wirken sich somit ruckartige Lenkungen deutlich weniger stark auf das Arbeitsergebnis aus, denn die Gefahr der Übersteuerung ist hier am geringsten (vergl. Abb. 2). Diese Vorteile können beim Einsatz eines Raupenschleppers nicht genutzt werden, da schlichtweg kein Zwischenachsbereich vorhanden ist. Es wäre denkbar die nötigen Unterstockpflegegeräte neben dem Kettenlaufwerk zu führen. Somit wären diese sehr dicht am Lenkpunkt platziert und der Fahrer hätte zudem die Möglichkeit der besseren Kontrolle der Maschinen. Diese Anbauvariante wäre jedoch aus fachlicher Sicht nicht sinnvoll, da selbst bei maximalem Heranziehen des Arbeitsgerätes an das Trägerfahrzeug die Gesamtaußenbreite des Gespanns so hoch wäre, dass ein flächendeckender Einsatz der Maschine bei den zurzeit empfohlenen Gassenbreiten um 2 m nur noch schwer möglich wäre. Vor allem geht der Betrieb im RMS Verfahren (am Seil) zwangsläufig mit einer unvermeidbaren Leerfahrt einher. Gerade hier sind besonders schmale Maschinen vorteilhaft, weil diese aufgrund des höheren Platzangebotes eine besonders schnelle (Leer-) Überfahrt ermöglichen.

Da im RMS Betrieb bei der Talfahrt bergseitig das Seil abgelegt wird und somit der Frontanbau wegfällt, verbliebe als einzige Alternative der Heckanbau. Eine sinnvolle Lösung bietet folglich ein Sonderbaurahmen (SB-Rahmen), welcher auch im Zuwendungsbescheid vorgesehen ist. Wichtig ist dabei, dass die Aufhängung der Maschinen so dicht wie möglich am Raupenlaufwerk erfolgt, damit die Gefahr des Übersteuerns möglichst gering gehalten werden kann. Bedingt durch die zweimalige Überfahrt bei Betrieb der Hangelwinde stellt sich darüber hinaus die Frage, ob die Maschinen bei der Berg- bzw. bei der Talfahrt betrieben werden sollen. Sinnvoll wäre der Einsatz bei der Talfahrt, weil dann die Kraftreserven der Raupe in vollem Umfang für die Unterstockbearbeitung genutzt werden können. Bei der Ankunft am unteren Zeilenende wird das Anbaugerät ausgehoben und so schmal wie möglich eingestellt sodass sich die Leerfahrt zu Berg sehr schnell realisieren lässt.

Ein weiterer Grund, welcher für das talseits gerichtete Schubverfahren spricht, ist, dass sich das Anbaugerät während der Arbeit nahezu uneingeschränkt im direkten Sichtfeld des Fahrers befindet.

Aus den genannten Gründen wurde sich für eben diese Anbauvariation entschieden. Die Wahl fiel auf einen Sonderbaurahmen der Firma Braun/Burrweiler.

### 2.2.2 Die Unterstockbürste Multi-Clean der Firma Clemens

Die Firma Clemens/Wittlich vertreibt zurzeit zwei Typen an Unterstockbürsten. Die sogenannte Rotorbürste ist in der Standardausstattung mit 40 feinen Rotorschnüren ( $\varnothing$  5mm) und am äußeren Ende der Rotationswelle mit drei kräftigen Schnüren ( $\varnothing$  9mm) ausgestattet. Die Extraausstattung sieht statt den stärkeren Schnüren am Ende der Welle drei besonders kräftige Gummilammellen vor, die sich in besonderer Weise für extremere Bedingungen wie beispielsweise stärkere Verkräutung eignen. Der Arbeitswinkel kann bei der Rotorbürste manuell variiert werden, wobei dringend darauf geachtet werden muss, dass sich beim Einsatz zweier Bürstenköpfe im Überzeilenbetrieb der Wirkungsbereich beider Bürsten nicht überlappt. Als Zusatzoption bietet die Firma Clemens eine aktive Wassereinspritzung zur Minimierung der Staubbildung bei besonders trockenen Einsatzbedingungen an. Da der Einsatz der Bürsten meist vor dem ersten Laubheften erfolgen sollte, ist ebenfalls eine Drahtführungsvorrichtung für etwaig abgelegte Heftdrähte verfügbar.

Die für das Vorhaben beschaffte Multi-Clean Bürste ähnelt der Rotorbürste, jedoch bei genauerer Betrachtung treten deutliche Unterschiede hervor. So finden lediglich 20 besonders starke Spezielschnüre Verwendung, welche durch die besonders glatte Oberflächenbeschaffenheit trotz ihrer Robustheit besonders schonend für die Rebstöcke sind. Weiterhin läuft die Rotorwelle zum äußeren Ende hin konisch zu. Diese raffinierte Bauform vermindert die Vibrationen der arbeitenden Geräte, welche durch Unwuchten (unterschiedliche Fadenlängen) entstehen können.



*Abb. 1: Multi-Clean Bürste von Clemens*

Angebaut an einen in Kooperation mit der Hochschule Trier konstruierten Überzeilenrahmen können die Multi-Clean Bürsten am Multifunktionsarm des RMS angebaut werden, sodass ähnlich der Arbeitsweise beim Laubschnitt das Schwenken des Überzeilenrahmens mittels des Multifunktionsarms am Zeilenende möglich gemacht wird. Aufgrund dessen kann die

Flächenleistung deutlich gesteigert werden, da sowohl bei der Tal- als auch bei der Bergfahrt gearbeitet und eine Leerfahrt beim Windenbetrieb vermieden werden kann.

Da der mehrfache Einsatz der Mulchbürsten jedoch mit Schädigungen am Rebstamm einhergeht, ist die Rotorbürste nicht als ganzheitliches Konzept einsetzbar und sollte eher als „Feuerwehrbehandlung“ angesehen werden, falls ungünstige Witterungsbedingungen einen explosionsartigen Beikrautbewuchs hervorrufen. Folglich sind weitere Gerätschaften zu testen

### 2.2.3 Das Unterstockpflegeprogramm der Firma Braun

Da wie in 2.2.2. beschrieben die Wahl auf einen Sonderbaurahmen der Firma Braun fiel, lag die Untersuchung des Unterstockpflegeprogramms eben dieser Firma nahe. Während der günstigste Anbaupunkt am RMS gefunden wurde, musste im Weiteren die vorhandenen Maschinen angepasst und modifiziert werden. Aus diesem Grund erfolgte zunächst der Anbau des einfachen jedoch tastergesteuerten Fachschar, welches in Kombination mit einem Scheibensech beidseitig bei der Talfahrt geführt wurde. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse und vor allem auch der erlangten Fahrpraxis, stand in weiteren Schritten die Aufnahme von Unterstockmulchgeräten im Vordergrund. Da diese Maschinen keine Bodenlockerung vorsehen, sondern lediglich den Unterwuchs abmähen, resultiert hier keine Gefahr vor Bodenerosion. In dieser Sparte hat die Firma Braun gleich zwei unterschiedliche Maschinentypen auf dem Markt.



*Abb. 3: Unterstockspindelmulcher der Firma Braun angebaut im Zwischenachsbereich eines Schmalspurschleppers*

Sehr innovativ wirkt der Unterstockschlegelmulcher oder auch Spindelmulcher genannt (vergl. Abb. 3). Dieser ist sehr solide ausgeführt und darüber hinaus technisch gut durchdacht. So wird am äußeren Ende, welches am Rebstamm vorbeigleitet beispielsweise ein Bürstenelement mitgeführt, welches in der Lage ist somit schonend und noch sehr dicht am

Rebstock befindliche Beikrauthorste zu erfassen. Aufgrund der genannten Vorzüge eignet sich das System vorzüglich für den Einsatz im Steilhang.

Weiterhin bietet die Firma Braun einen sehr leichten Sichelmulcher an. Dieser ist sehr kompakt konzipiert und garantiert durch seine sehr flache Bauweise ein problemloses Einschwenken in den Unterstockbereich. Da wie auch hier wie beim Schlegelmulcher keinen Eingriff in das Erdreich und eine damit verbundene Bodenlockerung erfolgt, ist mit keinerlei Erosionsschäden zu rechnen. Vielmehr verbleibt das abgemulchte Beikraut im Unterstockbereich liegen, sodass die Mulchschicht ihrerseits einen Beitrag zur Nährstoff- und Wasserhaushaltsverbesserung der Rebe leisten kann.

Der in der Praxis zu beobachtende Trend hin zu nichttastergeführten Systemen wie Scheibe und Rollhacke wurde erkannt und es erfolgte die Eignungsprüfung der Rollhacke und weiteren Maschinen für den Steilhang.

#### 2.2.4 Die Krautbürste NaturaGriff 500

Der Besuch der Sitevi 2013 machte auf die neue Technologie von vertikalrotierenden Bürsten aufmerksam. Im deutschen Weinbau sind derartige Bürstensysteme, welche auf einer vertikal gelagerten Achse rotieren nahezu unbekannt. Das generelle Einsatzspektrum dieser Vertikalbürsten erstreckt sich von der mechanischen Beikrautbekämpfung bis hin zum „putzen“ des Unterstockbereiches von Wein- und auch Obstkulturen. Durch die Rotation wird somit das durch Rückschnitt angefallene Schnittholz in der Gassenmitte aufgehäufelt, sodass dieses vom nachlaufenden Mulcher restlos erfasst und zerkleinert werden kann. Eine ähnliche Bauart weist die ebenfalls tastergesteuerte Krautbürste 500 der Firma NaturaGriff auf. Den wesentlichen Unterschied stellen jedoch die verwendeten Bürsten dar. Diese bestehen nicht aus Kunststoff sondern die Bürsteneinheit weist viele feine Stahlstreifen auf, welche während der Arbeit mit einem Winkel von 45° gezielt in den Boden eingreifen sollen. Obgleich die Bürsten zwar nur an der Erdoberfläche „scharren“ sind sie dennoch einer außerordentlichen Belastung (trockener Boden, Steine) ausgesetzt. Somit erklärt sich, dass die Bürstenstahlstreifen (ca. 3mm breit, sehr flach) aus einem sehr harten Stahl gefertigt sein müssen. Unterstützt wird die Arbeit der rotierenden Bürsten von einem Kreiselkrümmer Die Besonderheit des NaturaGriff 500 besteht darin, dass durch den aktiven Eingriff der Bürsten je nach Einsatzbereich nicht zwangsläufig der Kreiselkrümmer benötigt wird. Mit nur wenigen Handgriffen ist dieser entfernt und somit kann eine gezielte Beikrautbekämpfung auch ohne einen starken Eingriff in den Boden erfolgen. Interessant ist dies beispielsweise bei einer

Behandlung im Spätsommer, wenn ein unerwünschter Stickstoffschub nach dem Reifebeginn vermieden werden soll.

Ein weiteres sehr signifikantes Baumerkmal stellt das sehr variabel anpassbare Bodenschild (Vergl. Abb. 4) zur Verminderung von Erosionsrinnen dar. Die variable Aufhängung des Abräumschildes mittels einer Gelenkkopflagerung in Verbindung mit einem nach außen (zur Zeile hin) abknickbaren Flügel lässt eine sehr gute Anpassung an die Bodenverhältnisse zu. Je nach aufkommenden Bodenmengen (Tiefeneinstellung der Bürste) macht der Flügel des Schildes in Kombination mit der federgestützt und drehbaren Aufhängung (Gelenkkopf) des Schildes eine leichte Verteilbewegung (Wedelbewegung). Das bedeutet, dass der Boden wie mit einem Abzieher durch die Verteilbewegung gerade abgelegt wird und somit eine saubere Fahrspur ohne Erosionsrinne bewirkt wird.



*Abb.4: NaturaGriff Krautbürste 500. Gut erkennbar: die beweglichen Prallbleche*

Die sehr gut ausgestützte Aufhängung des Schildes arbeitet einem sehr starken Verschleiß bzw. Beschädigungen durch die Ausweichfunktion entgegen. Die detailtreue und praxisorientierte Bauweise hinsichtlich der Verschleißergonomie wird auch in der Konstruktion der Führungsschiene deutlich. Bei den höhenverstellbaren Führungsschienen wurden die Aufsitzplatten zweigeteilt, sodass die untere Platte je nach Verschleißstatus abgeschraubt und erneuert werden kann.

Da die NaturaGriff Krautbürste 500 nicht im Schubverfahren (also während der Talfahrt) betrieben werden kann, erfolgt die Bearbeitung bei der Bergfahrt, was die Raupe als Antriebsaggregat stärker belastet. Aus diesem Grund war die Beschaffung einer externen

Hydraulikanlage zwingend erforderlich. Die Wahl fiel auf die von der Firma NaturaGriff angebotene Hydraulikanlage.

### 2.2.5 Duplexscheiben der Firma Rust

Im Laufe des Forschungsvorhabens haben sich erwartungsgemäß weitere interessante Neuerungen ergeben. Deutlich erkennbar ist der Trend hin zu Scheibensystemen mit welchen eine deutlich höhere Arbeitsgeschwindigkeit möglich wird. Das größte Problem in diesem Kontext stellt allerdings die sehr hohe Erosionsgefahr dar, denn der Unterstockbereich wird nicht nur intensiv gelockert, sondern durch die Arbeitsweise resultiert eine sehr intensive Längsfurche, in welcher sich im Zuge eines Starkregenereignisses unweigerlich das Oberflächenwasser sammelt und eben diese Furche ausspült. Für den Einsatz im Steilhang ist daher der Scheibenpflug entsprechend zu modifizieren.



*Abb. 5: Duplexscheibe der Firma Rust im praktischen Einsatz*

Seitens der Firma Rust aus Meckenheim stellt die Duplexscheibe eine Lösung für dieses Problem dar. Wie der Name bereits vermuten lässt, ist die Duplexscheibe eine Kombination aus zwei parallel laufenden Scheiben, bzw. kann die an der Innenseite befindliche Scheibe, d.h. zur Rebzeile hin, mit einem Rollhackenelement oder anderen Geräten ausgerüstet werden. Da dieses Element zudem einen etwas geringeren Durchmesser als der äußere Scheibenpflug aufgewiesen hat, ist zu erwarten, dass hiermit eine sehr eindrucksvolle

Arbeitsqualität erzielt werden kann. So ist es möglich, dass keine zur Erosion neigende Längsrille ausgebildet wird. Lediglich die bauartbedingte größere Arbeitsbreite, die somit in die Fahrgasse hineinragt lässt bei schmalen Zeilenbreiten eine Einsatzbegrenzung erwarten.

#### 2.2.6 Maschinenkombination Scheibe und Kress-Fingerhacke der Firma Clemens

Die Kress-Fingerhacke oder auch Fingerkralle genannt, konnte in der Einzelanwendung bisher kein überragendes Ergebnis im Weinbau vorweisen, denn in besonderer Weise sind im Weinbau sehr trockene und zudem harte Böden vorzufinden. Aber im direkten Einsatz zusammen mit der Scheibe bringt die Kress-Fingerkralle ein sehr gutes Ergebnis hervor. Insbesondere wenn die Fingerhacke direkt hinter der Scheibe positioniert wird. Dabei entstehen bei der Durchfahrt zwei Effekte. Zum einen wird die problematische Längsfurche, die durch die Scheibe entsteht weitestgehend geschlossen. Und zum anderen wird der Bildung eines Erdwalls im Unterstockbereich entgegengewirkt, denn durch den leichten Eingriff in den Unterstockbereich wird wiederum eine Durchmischung des Bodens vollzogen, sodass einem Wiederanwachsen von Beikräutern entgegengewirkt wird.



*Abb. 6: Maschinekombination Scheibe und Kress-Fingerhacke der Cirma Clemens*

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Ausführliche Darstellungen der wichtigsten Ergebnisse

##### 3.1.1 Ergebnisse der Arbeitsfelder A und B

###### Bodenproben

Der erste zu untersuchende Parameter stellte die Beprobung von Ober- und Unterboden dar. Neben der Untersuchung aller für die Rebe relevanten Makronährstoffe sowohl in Ober- als auch im Unterboden wurden die pH-Werte ermittelt. Zudem wurde der Gehalt an organischer Substanz sowie der Gesamtstickstoffgehalt ermittelt. Anhand der in 2013 ermittelten Eingangswerte gab es bezüglich der Nährstoffversorgung innerhalb der einzelnen Versuchsflächen nur äußerst geringfügige Abweichungen. Dies bezeugte die Homogenität der Flächen und somit die generelle Eignung der Versuchsanlage für das Vorhaben. Veränderungen, die im Laufe des Versuches eintraten, waren somit direkt auf die einzelnen Versuchsvarianten zurückzuführen.

Wie sich in den Folgejahren gezeigt hat spielt der Einfluss auf den Haushalt der Makronährstoffe keine nennenswerte Rolle. Vielmehr waren deutliche Verschiebungen der organischen Substanz festzustellen.

Es zeigt sich, dass vor allem die Rindenmulchvariante bedingt durch die Zufuhr an organischer Masse folglich auch deutlich an organischer Substanz zugelegt hat. Insgesamt ließ sich in 2014 eine deutliche Steigerung um über 0,5 % feststellen. Sehr deutlich wird der signifikante Anstieg der organischen Substanz bei den Varianten Habichtskraut und Lavaabdeckung.

Auch die Gesamtstickstoffwerte zeigten eine Verschiebung. So legte allen voran die Variante Herbizidanwendung von zunächst 0,018 % im Anfangsjahr auf 0,31 % Gesamtstickstoff zu. Bei nur minimalem Anstieg der Organischen Substanz von insgesamt etwa 0,3 % erfolgt eine eklatante Verschlechterung des C/N Verhältnisses, was weitreichende Folgen auf die Traubengesundheit, vor allem in dem Extremjahren 2014 deutlich wurde. Bei den Abschlussuntersuchungen wurde bei der Herbizidanwendung ein C/N Verhältnis von 6,19 ermittelt. Bei einem vergleichsweise hohem Wert an frei verfügbarem Stickstoff ist nicht verwunderlich, dass die Reben überversorgt sind, was zu einer kompakten Traubenstruktur führt und im ungünstigsten Fall die Traubenfäulnis begünstigt. Bei derartig hohen Werten an frei verfügbarem Stickstoff bewirken selbst kleinste Niederschläge während der Traubenreife

zu hohen Stickstoffschüben. Aufplatzende Trauben sind gerade beim Riesling somit vorprogrammiert. Visuell wurde dies vor allem auch während der letzten Vegetationsperiode 2015 deutlich, denn die natürliche Gelbfärbung des Herbstlaubes setzte bedingt durch den hohen Wert an frei verfügbarem Stickstoff später ein, als es bei den anderen Versuchsgliedern wie beispielsweise beim Habichtskraut bzw. bei der Lavaabdeckung zu beobachten war.



*Abb. 7: Versuchsfeld im Kardinalsberg; der rote Pfeil markiert den Übergang der Variante „Lavaabdeckung“ (im unteren Teil zu sehen) und die Variante „Herbizidanwendung“ (im Vordergrund). Das ungünstige C/N-Verhältnis bewirkt bei der Herbizidanwendung einen hohen Gehalt an frei verfügbarem Stickstoff. Die natürliche Gelbfärbung des Herbstlaubes tritt daher später ein, als bei den anderen Varianten*

### Beikrautbonitur

Neben der Beprobung der Böden leistete vor allem die Beikrautbonitur einen wesentlichen Beitrag zur Bewertung der einzelnen Versuchsvarianten. Entscheidend sind die im letzten Versuchsjahr 2015 generierten Werte, da diese faktisch die langfristige Eignung am besten abbilden. Dazu wurde an insgesamt drei Terminen eine detaillierte Beikrautbewertung durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse sind der Abbildung 8 zu entnehmen. Betrachtet man die Werte der unbehandelten Kontrolle, so wird deutlich, dass die unbehandelte Kontrolle wie auch bereits im Vorjahr durchgehend den höchsten Beikrautbedeckungsgrad

aufweist. Bemerkenswert ist, dass bereits zum frühen Termin im April 2015 der Bedeckungsgrad hier bei über 80% gelegen hat. Interessant ist auch die Beobachtung, dass bei

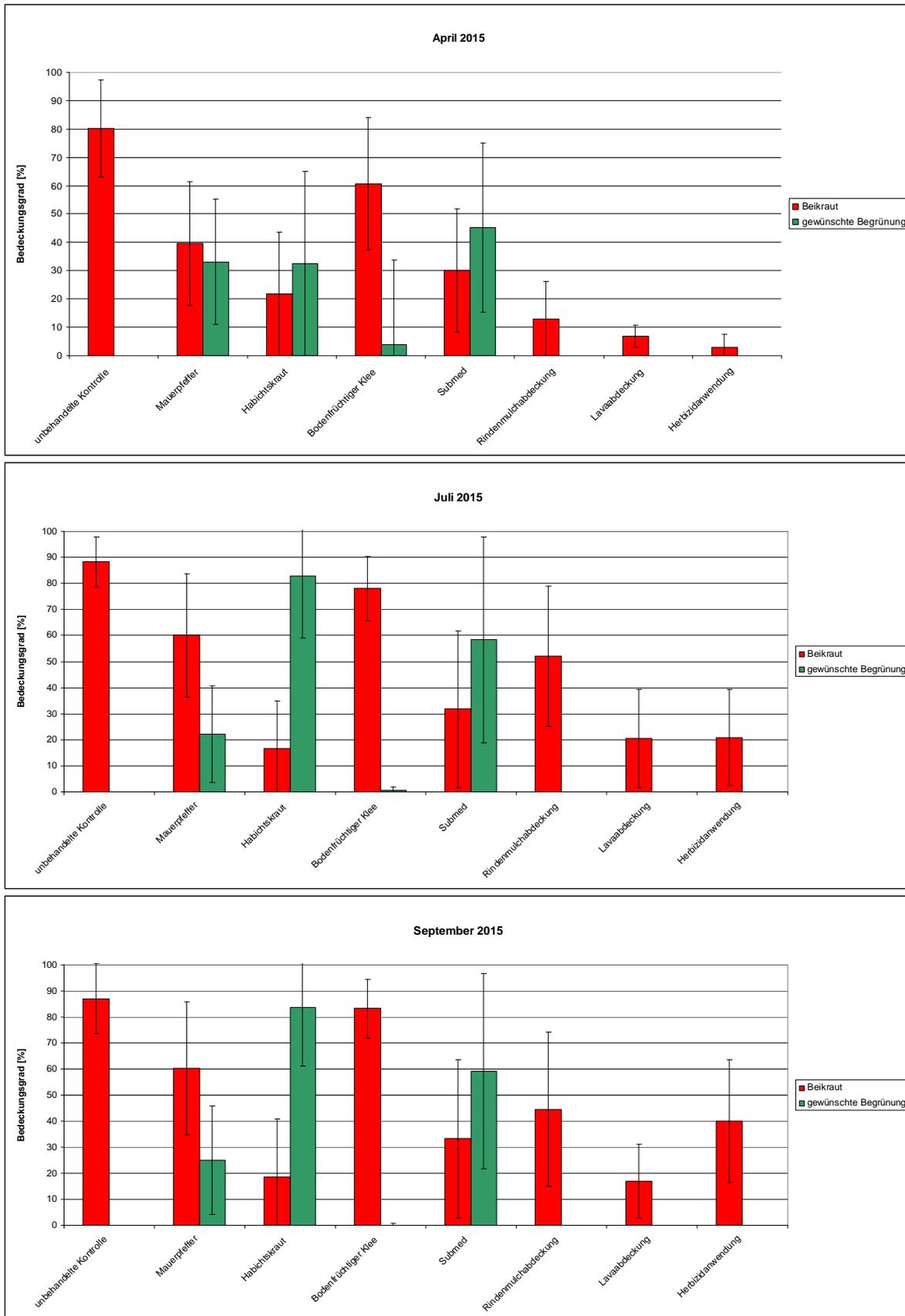


Abb. 8: Ergebnisse der Beikrautbonitur (n = 4)

den Begrünungsvarianten zunächst der Bedeckungsgrad der gewünschten Begrünungen abgesehen von der Begrünung „Bodenfruchtiger Klee“ durchweg größer war als der Bedeckungsgrad an Beikräutern. Der Grund für das mangelhafte Resultat beim Bodenfruchtigen Klee liegt an der unzureichenden Frosthärte, die der fachlichen Praxis somit jedes Frühjahr eine beschwerliche Unterstockaussaat abverlangt. Aus diesem Grunde zeigt sich, dass eben dieser Begrünungspflanze keine Eignung als Unterstockbegrünung zugesagt werden kann. Die Pflanze wird somit im Folgenden nicht weiter beachtet. Betrachtet man allerdings die Entwicklung über das gesamte Jahr hinweg, so zeigt sich wie bereits in 2014 beobachtet, dass der Mauerpfeffer trotz vergleichsweise geringem Befallsdruck dennoch überwuchert wird und sich nicht gegenüber unerwünschten Beikräutern durchsetzen kann.

Habichtskraut- und die Submedvarianten zeigten durch die gesamte Saison hinweg eine bemerkenswerte Konstanz hinsichtlich der Unterdrückung von Beikräutern.

Bei den Abdeckungsvarianten bleibt der Beikrautbefall insgesamt in geringem Umfang. Mit dem voranschreitenden Verrottungsprozess nimmt die Effizienz der Rindenmulchabdeckung über das Jahr hinweg ab. Um Beikräuter effektiv in Schach zu halten, sollte demnach spätestens nach zwei bis drei Jahren die Abdeckung durch das Auffüllen neuen Materials ergänzt werden.

#### Blattwasserpotentialmessung 2014

Zu beobachten ist, dass alle Varianten das trockene Frühjahr im Hinblick auf den Wasserhaushalt gut überstanden haben. Lediglich die unbehandelte Kontrolle war zu Beginn der Messung bewässerungswürdig. Die Verbesserung der Situation erfolgte nicht wie die Grafik vermuten lässt durch eine eigens eingeleitete Bewässerungsaktion (eine Bewässerungsanlage ist nicht vorhanden). Auch die spärlichen Niederschläge Anfang Maierklären nicht das kollektive Abfallen der Kurven. Vielmehr scheint es, dass diese Beobachtung auf den am 23. Juni durchgeführten Laubschnitt zurückzuführen ist. Da der Verlust der Triebspitze bedingt durch einen Source-Sink-Wechsel mit einem Phytoschock einhergeht, erfolgt somit auch ein enormer Einfluss auf den Hormonhaushalt der Rebe. Der Wasserhaushalt wird somit deutlich verbessert. Weiterhin interessant ist, dass trotz vorangegangener z. T. starker Niederschläge ab dem 25. Juli die Werte stark in die Höhe schnellen. Eine Erklärung wäre, dass sich infolge der sehr feuchten Phase um den 10. Juli ein starker Beikrautbewuchs etabliert hat, welcher dem Bestand in den folgenden Wochen enorm zugesetzt haben muss. Durch Ausbildung von Geiztrieben verschärfte sich diese Problematik, sodass am 30. Juli bei fast allen Versuchsvarianten eine Bewässerungswürdigkeit festgestellt

werden musste. Lediglich die Abdeckungsvarianten bleiben unterhalb der Bewässerungsschwelle. Bemerkenswert ist die sehr starke Schwankung innerhalb der Herbizidanwendung. Bei dieser Methode kann einerseits der Extremwert von etwa -0,05 MPa und andererseits sehr niedrige Messwerte unter -0,01 MPa beobachtet werden. Begründet wird dies dadurch, dass nach der Herbizidanwendung infolge von Niederschlägen sehr schnell nochmals Beikräuter auflaufen. Durch Beobachtung im Rahmen der Beikrautbonitur kann ganz klar festgestellt werden, dass sich das Artenspektrum sehr stark durch den Einsatz von Herbiziden verlagert. So treten beispielsweise nach einer Glyphosatanwendung verstärkt Kräuter wie Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense*), Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*) sowie das Weidenröschen (*Epilobium*) auf. Es scheint, dass diese Pflanzen in besonderem Maße dem Rebbestand buchstäblich das Wasser abgraben. Ein Trockenstress wird somit immer wahrscheinlicher. Erst der Einsatz eines Abbrenners (Kontaktherbizid), welcher im Versuch am 5. August erfolgte, brachte eine nachhaltige Entspannung der Situation. Im Reifemonat ist zu beobachten, dass die Herbizidvariante das größte Blattwasserpotential aufweist.

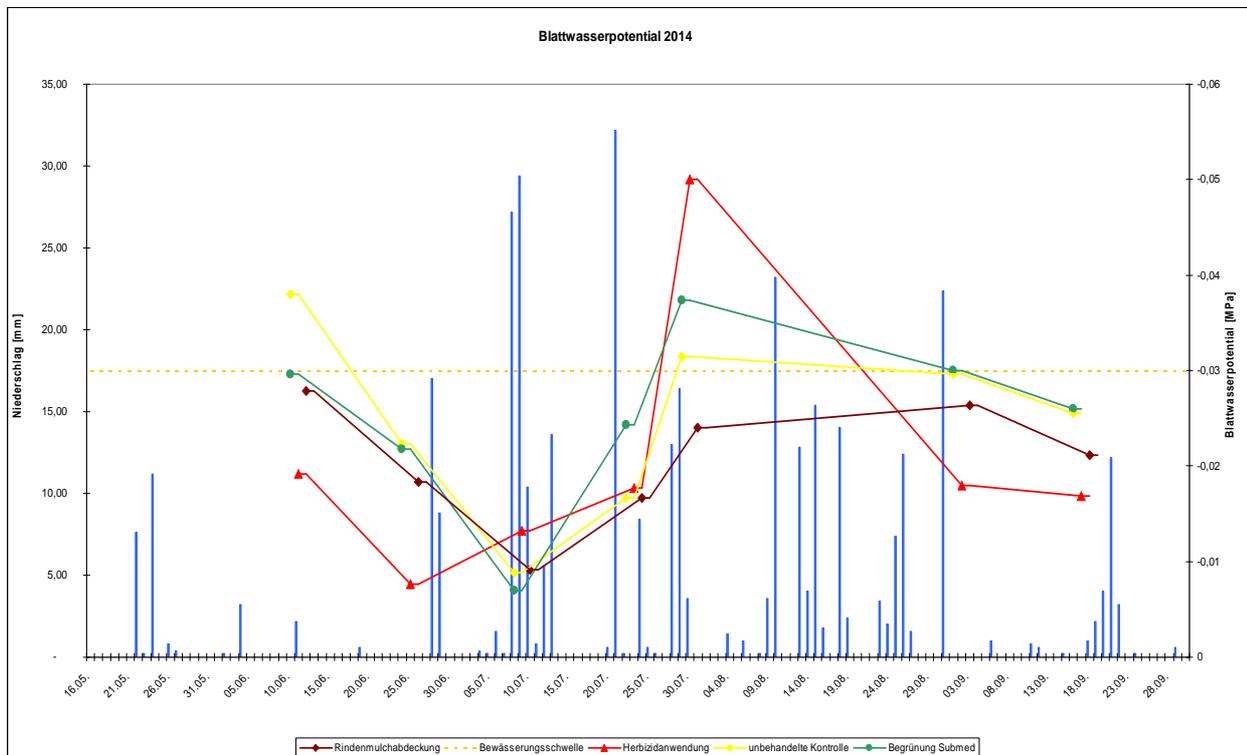


Abb. 9: Blattwasserpotentialmessung Kardinalsberg (n = 20)

Blattwasserpotential 2015

Betrachtet man die Ergebnisse der 2015 erfolgten Blattwasserpotentialmessung, so zeigt sich, dass in beiden Versuchsanlagen zu einem frühen Zeitpunkt, d.h. ab der Reblüte für einen sehr langen Zeitraum ein akuter Trockenstress diagnostiziert werden kann. Die spärlichen Niederschläge belaufen sich über den ganzen Sommer hinweg fast nie höher als auf zehn Millimeter pro Tag, was für eine nachhaltige Verbesserung der Situation in keinster Weise eingereicht hat. Es zeigt sich, dass erwartungsgemäß die Herbizid- und Rindenmulchvariante zwar gewisse Vorteile gegenüber der Unterstockbegrünung aufweisen, aber dennoch muss beobachtet werden, dass die durch eine Abdeckung hervorgerufene Dampfsperre nicht bei andauernder Trockenheit ausreicht, um vor Trockenstress zu bewahren. Wie auch schon im Vorjahr lassen die Kurven der Blattwasserpotentialmessung ganz eindeutig die Laubschnitttermine erkennen, welche am 13.07. und am 30.07. durchgeführt wurden. Da der Verlust der Triebspitze mit einem Phytoschock einhergeht, erfolgt somit auch ein enormer Einfluss auf den Hormonhaushalt der Rebe. Der Wasserhaushalt wird somit deutlich verbessert, was nicht auf vorangegangene Niederschläge zurückzuführen.

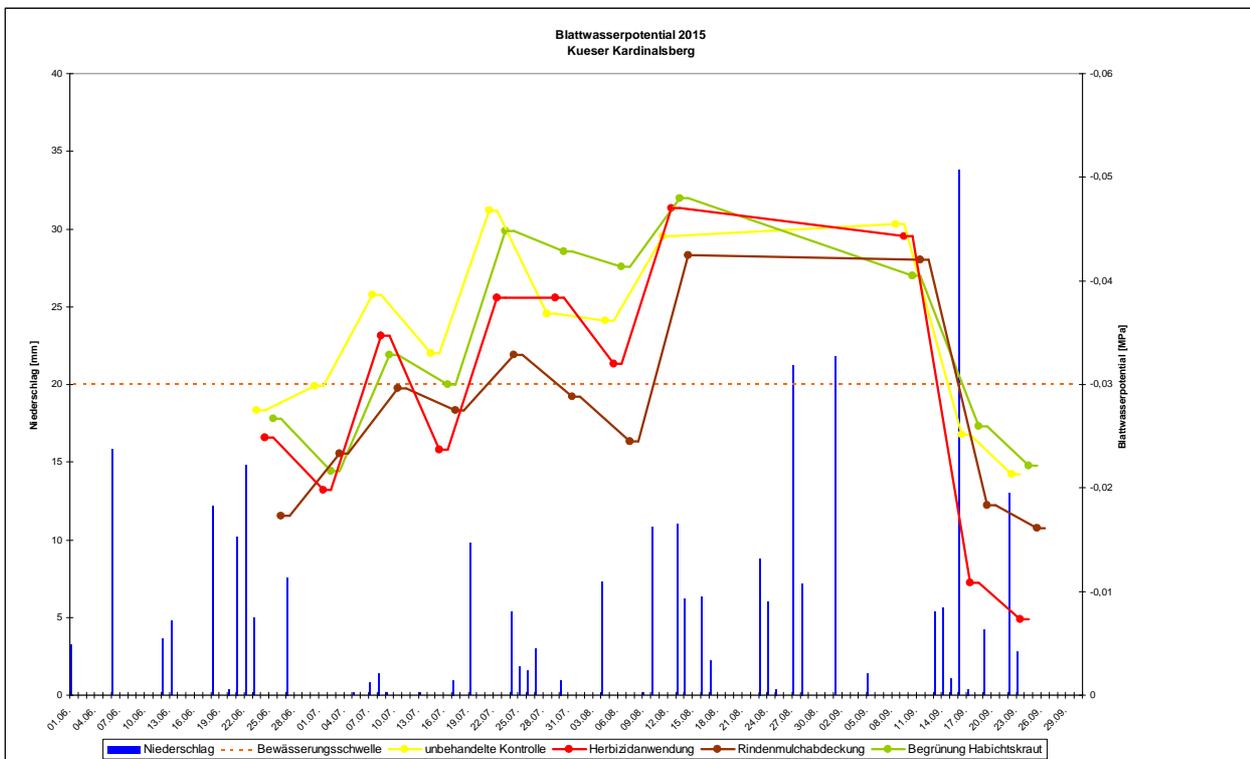


Abb.10: Blattwasserpotentialmessung Kardinalsberg (n = 20)

Hoch brisant ist die Entwicklung ab Mitte September. So regnete es um den 17.09. überaus hohe Mengen, die die Versorgungssituation in kürzester Zeit ganz enorm veränderte. Vorgegangen war zudem eine Herbizidanwendung in der entsprechenden Variante, was erklärt, warum die Versorgungssituation hier am massivsten beeinträchtigt wurde. Wie auch in 2014 beobachtet verhält es sich bei den Begrünungen und Abdeckungen ähnlich, allerdings nicht zu extrem wie beim Herbizideinsatz.

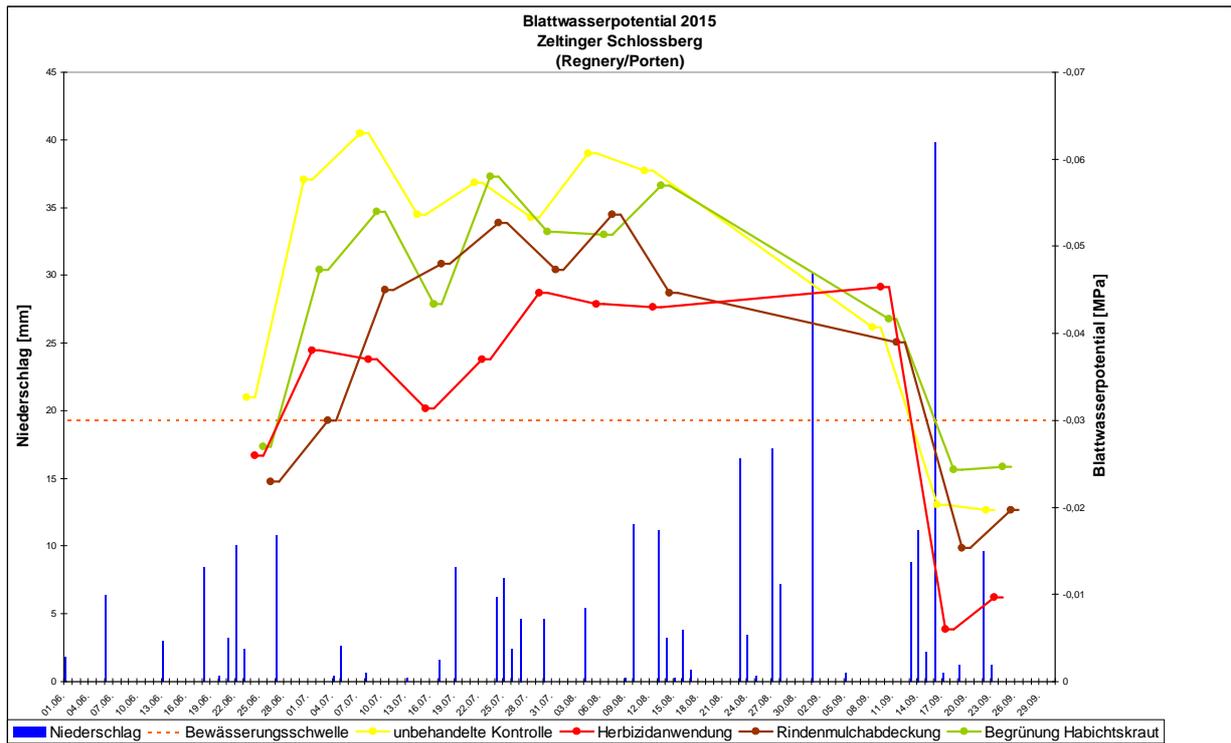


Abb.11: Blattwasserpotentialmessung Schlossberg (n = 20)

### Wuchsbonitur

Durch Witterungsextreme wie beispielsweise der anhaltenden Trockenheit in 2015 wurden zum Teil deutliche Einflüsse auf die Reben sichtbar. So zeigte beispielsweise die unbehandelte Kontrolle einen deutlichen Wasserstress, wohingegen andere Varianten, wie die Herbizidanwendung oder die Andeckungsvarianten deutlich vitaler erschienen. Diese Unterschiede konnten sehr gut in der Wuchsbonitur widerspiegelt werden. Allerdings war zu beobachten, dass jahrgangsspezifisch deutliche Differenzen vorlagen. So präsentierten sich beispielweise 2014 die Reben generell mit einem sehr kräftigen Wuchs, was im Durchschnitt einer Boniturzahl von 7 entspricht. Im sehr trockenen Jahr 2015 waren generell deutlich geringere Werte zu beobachten. Die wuchsschwächste Variante war die unbehandelte Kontrolle. Während die Rindenmulchabdeckung und allen voran die Herbizidanwendung den

deutlich kräftigsten Wuchs aufwies, bewegten sich die Unterstockbegrünungen sowie die Lavaabdeckung durchweg im mittleren Bereich.

### Botrytisbonitur

In allen Jahren konnte ein deutlicher Einfluss auf die Traubengesundheit festgestellt werden. Die eindeutigsten Werte konnten im Jahr 2013 ermittelt werden. Die unmittelbar vor der Ernte durchgeführte Botrytisbonitur zeigte eine enorm hohe Befallshäufigkeit, welche im Schnitt deutlich über 90% lag. Diese Situation war mit den ungewöhnlich hohen Niederschlägen während der Reifephase zu erklären. Dieser Zustand spiegelte weitestgehend die Gesamtsituation des Jahrgangs 2013 im Anbaugebiet Mosel wieder, denn im Jahrgang 2013 hatte diese Witterungssituation dazu geführt, dass zu einem späten und somit ungünstigen Zeitpunkt eine Stickstoffschub erfolgte.



*Abb. 12: Infolge starker Niederschläge in der Reifephase erfolgte ein Stickstoffschub, welcher die Traubenbeeren aufplatzen ließ und einen Botrytisbefall begünstigte*

Das genannte Phänomen war in Anlagen mit einem unharmonischen Wuchsverhalten stärker zu beobachten. Äußerst interessant ist, dass die Lavaabdeckungsvariante mit einer Befallshäufigkeit von etwa 91% eine im Verhältnis zu den anderen Strategien geringe Traubenfäulnis aufweist. Auffällig ist weiterhin, dass die Herbizidanwendung mit einer Befallshäufigkeit von 100% den höchsten Wert erreicht und die Befallsstärke signifikant höher ist als bei den Abdeckungen sowie den Begrünungen Habichtskraut und Submed. Der Grund dafür ist wahrscheinlich das Fehlen der Unterstockbewuchses, welcher mittels Herbizid eliminiert wurde. Dadurch fehlt es der Rebe gänzlich an einem natürlichen Antagonisten in

Bezug auf die Nährstoffaufnahme. Der Rebstock nimmt somit schneller den überschüssigen Stickstoff auf, was folglich zu einer Verschärfung der Fäulnisproblematik führt. Wie bereits durch die Bodenproben belegt, liegt der Grund in der Verschiebung des C/N-Verhältnisses und die daraus resultierenden physiologischen Folgen. Durch einen bedeutend höheren Gehalt an frei verfügbarem Stickstoff bewirken selbst geringste Niederschläge bereits einen hohen Stickstoffschub, sodass die Nachteile der Herbizidvariante besonders deutlich zutage treten.

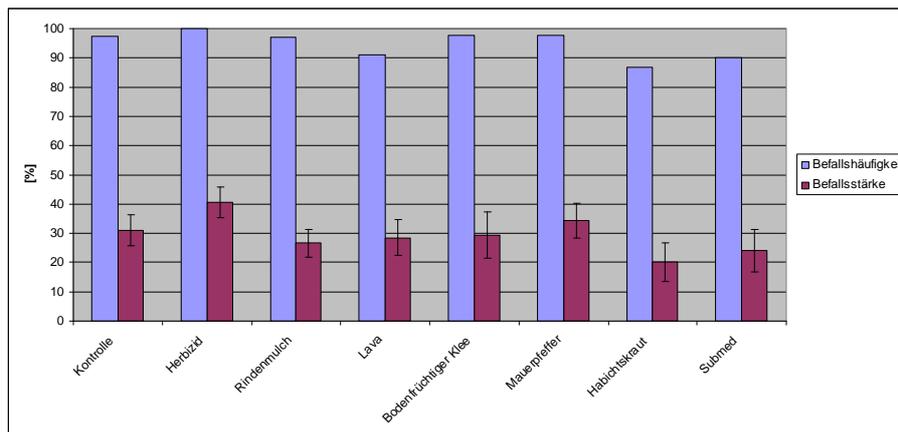


Abb. 13: Botrytisbonitur Versuchsanlage Zeltinger Schlossberg 2013 (3 Wdh, n = 100)

Auch in den Folgejahren konnten diese Beobachtungen in vollster Weise bestätigt werden. Es zeigt sich, dass die einzelnen Versuchsglieder einen sehr starken Einfluss auf die Physiologie der Rebe ausüben, was sich besonders stark in der Traubengesundheit manifestiert.

### Versuchslese 2013

Während der Lese wurden Erntemenge und die analytischen Daten ausgewählter Versuchsvarianten erfasst als Versuchswein ausgebaut, um etwaige sensorische Unterschiede herauszustellen.

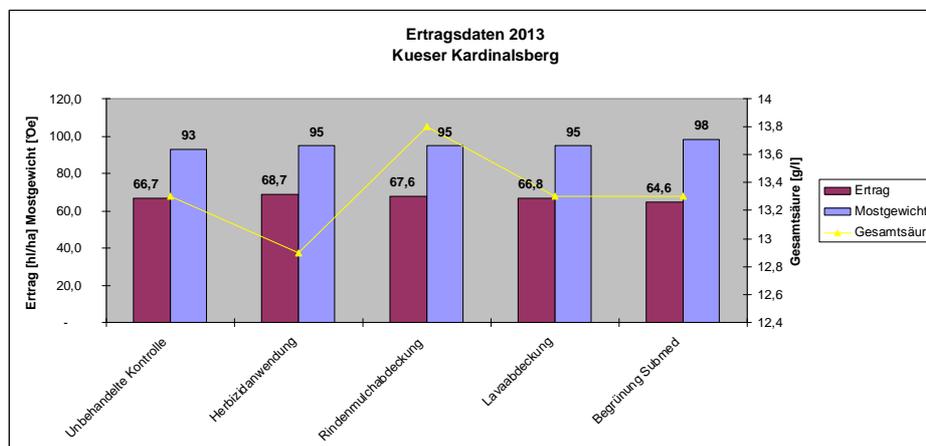


Abb. 14: Kueser Kardinalsberg: Erntedaten 2013

Während sich die einzelnen Versuchsglieder hinsichtlich der Ernteparameter im ersten Versuchsjahr nur unwesentlich unterschieden, werden die Auswirkungen auf die Ertragsdaten in den Folgejahren deutlicher. Und dennoch waren die sensorische Unterschiede der einzelnen Versuchsvarianten in 2013 am deutlichsten erkennbar. In erster Linie schlagen die Auswirkungen der Traubengesundheit in ganz besonderem Maße zubuche. Es ist daher nicht verwunderlich, dass Varianten mit hohen Fäulnisraten ein entsprechendes sensorisches Profil aufweisen. So können bei der Submedbegrünung und vor allem bei der Rindenmulchabdeckung sehr positive Attribute beobachtet werden. Die Lavaabdeckung und allen voran die unbehandelte Kontrolle tendieren eher zu negativen Attributen wie Bitterkeit, Petrolnoten und damit unweigerlich verbunden: UTA.

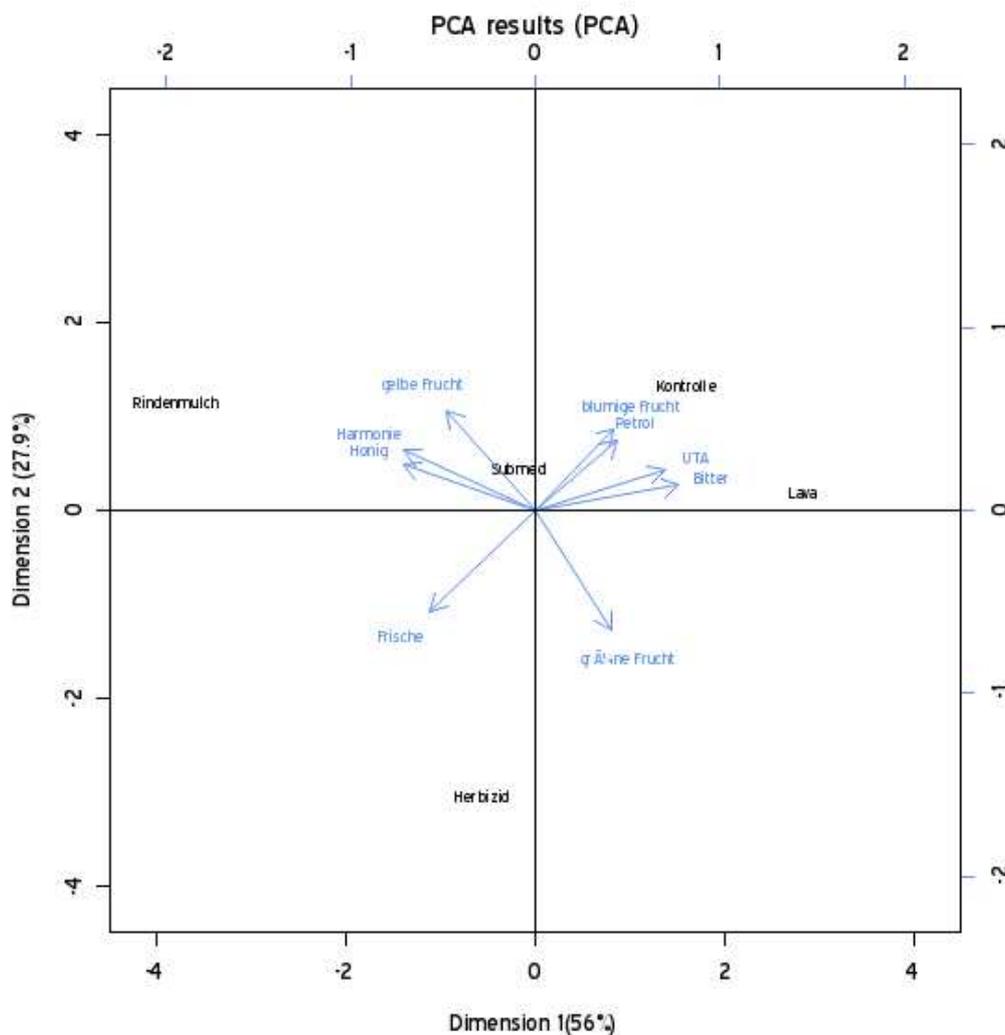


Abb. 15: Sensorische Bewertung der 2013er Versuchsvarianten

Versuchslese 2014

Die Versuchslese erfolgte am 30.09.14. Da sich die Varianten Mauerpfeffer und Bodenfrüchtiger Klee nicht in ausreichendem Umfang etabliert haben, wurden diese nicht geerntet. Es resultieren sechs Versuchsausbauten.

Die Erntemengen schwanken deutlich innerhalb der Varianten. Während die Rindenmulchbedeckung und die Herbizidanwendung mit besonders hohen Erträgen einhergehen, welche allesamt deutlich über dem gesetzlichen Hektarhöchstertag liegen, weisen die Begrünungen und die Lavaabdeckung einen moderaten Behang auf. Entsprechend der Menge-Güte-Regel variieren die Mostgewichte, sodass bei der ertragsstärksten Variante das Mostgewicht mit 74° Oe bei hohem Gesamtsäurewert am niedrigsten ist. Die unbehandelte Kontrolle und die Submedbegrünung weisen mit 79° Oe die besten Mostgewichte auf. Zu beobachten ist, dass bei der Lavaabdeckung und bei den Begrünungen der Gesamtsäurewert reduziert ist.

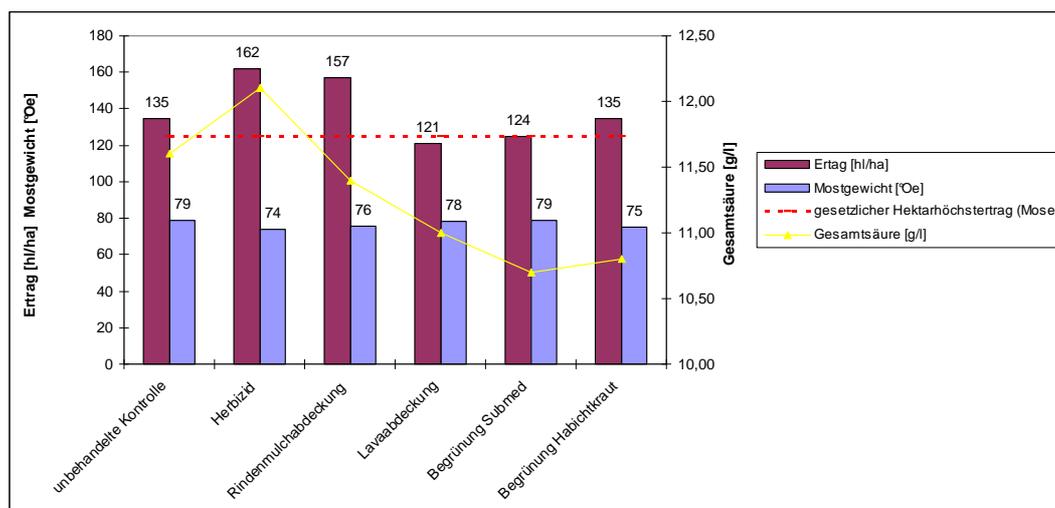


Abb. 16: Ertragsdaten und Mostgewichtsleistung ausgewählter Versuchsvarianten

Neben den Ertragsdaten bieten vor allem auch ausgewählte Untersuchungsparameter der FTIR Analyse analytischen Aufschluss auf den Gesundheitszustand des Lesezugs. Wie die Abbildung 17 erkennen lässt, wird der negative Einfluss der Traubenfäulnis auf den Gehalt an flüchtiger Säure und Gluconsäure, welche bereits die Botrytisbonitur nahelegen, zum Teil bestätigt.

Der hohe Botrytisbefall, der vor allem bei Rindenmulch, Herbizid und Kontrolle bonitiert wurde, geht sehr deutlich mit einem Anstieg an flüchtiger Säure, d. h. mit Essigfäule einher. Die Gluconsäure als analytischer Indikator der Botrytis ist ebenfalls bei diesen

Versuchsgliedern am höchsten. Die geringsten Werte weisen die Lavaabdeckung und die Begrünungen auf, weil hier das C/N-Verhältnis günstiger war und somit sich ein später Stickstoffschub weniger stark auswirken konnte.

Die sensorische Verkostung der einzelnen Versuchsvarianten zeigte im Jungweinstadium sensorisch zunächst wieder durch die unterschiedliche Fäulnisbelastung deutliche Unterschiede auf. Die Lavaabdeckung und die beiden Begrünungsvarianten wirkten deutlich klarer und harmonischer, wohingegen die sich die anderen Varianten durch höhere Säurewerte eher spitz und unharmonisch präsentierten. Entgegen der Erwartung wurden diese Auswirkungen im Zuge der weiteren Vinifikation immer unwesentlicher, sodass die Weine im füllfertigen Zustand de facto nicht mehr zu unterscheiden waren, wie ein durchgeführter Dreieckstest belegte.

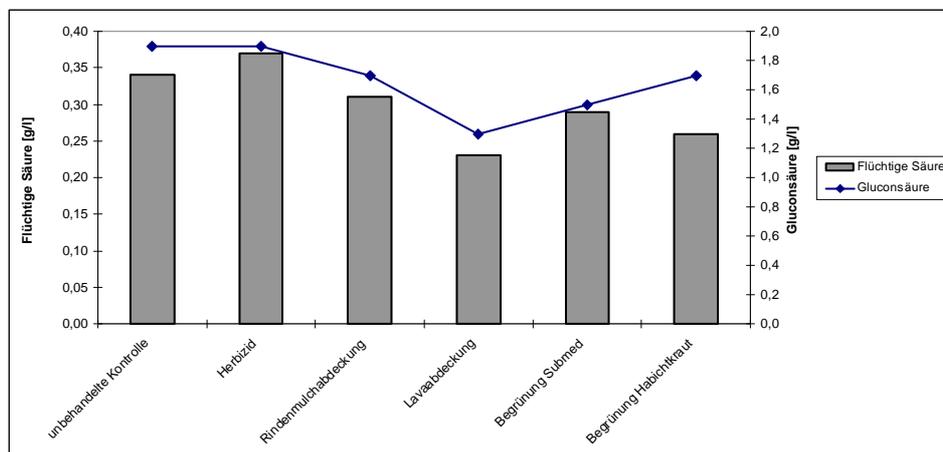


Abb. 17: Ausgewählte Ergebnisse der FTIR Analyse

### Versuchslese 2015

Die Erntemengen schwanken deutlich innerhalb der Varianten. Während die Rindenmulchabdeckung, Lavaabdeckung und die Herbizidanwendung mit tendenziell höheren Erträgen einhergehen, weisen die Begrünungen und die unbehandelte Kontrolle eher einen moderaten Behang auf. Entsprechend der Menge-Güte-Regel variieren die Mostgewichte, sodass bei der ertragsstärksten Variante das Mostgewicht mit 77° Oe bei hohem Gesamtsäurewert am niedrigsten ist. Die Lavaabdeckung und die Submedbegrünung weisen mit 85° Oe und 84° Oe die besten Mostgewichte auf. Auffällig ist, dass bei der unbehandelten Kontrolle trotz geringem Ertrag die Mostsäure überaus hoch und das Mostgewicht vergleichsweise niedrig ist. Da das Jahr 2015 im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Jahren kein Jahrgang mit überaus hohen Fäulnisraten war, waren die Unterschiede, welche

durch die Botrytisbonitur herausgestellt werden konnten nicht so deutlich wie es in 2015, bzw. 2016 der Fall gewesen ist. Wie bereits auch beim 2014er Jahrgang zu beobachten war, waren durch vergleichbare Gesundheit und Reifeparameter kaum sensorische Unterschiede bei den Versuchswainen feststellbar. Auch hier wurden im Jungweinstadium zunächst geringfügige Unterschiede herausgestellt. Diese nivellierten sich jedoch vollständig im Laufe

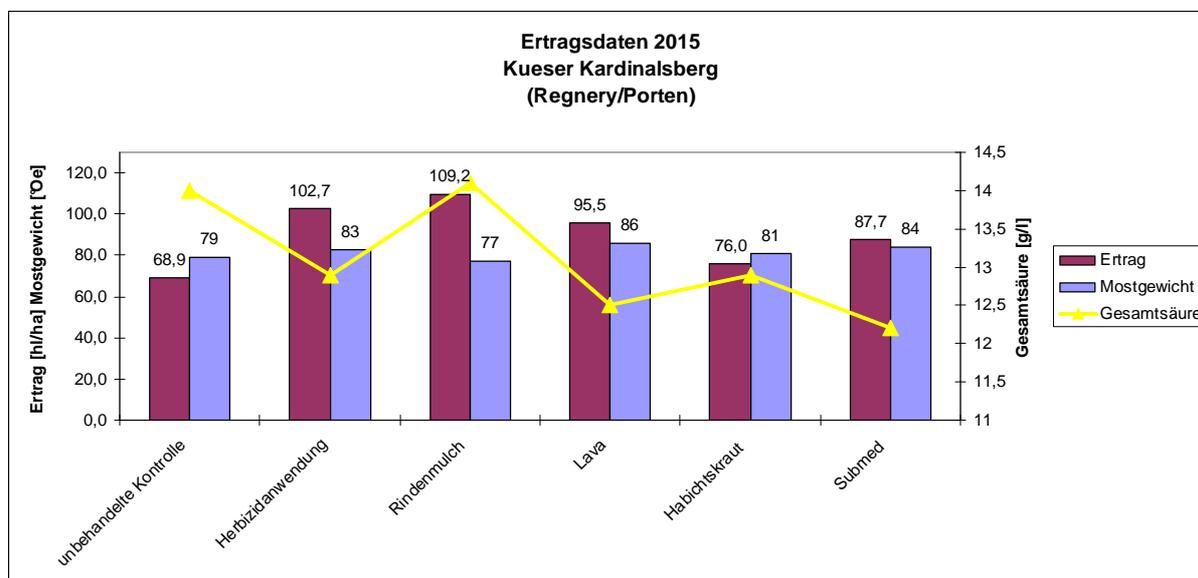


Abb. 18: Ertragsdaten und Mostgewichtsleistung ausgewählter Versuchsvarianten

der Weinbereitung gänzlich. Bei einem durchgeführten Dreieckstest konnten keine Unterschiede aufgezeigt werden, sodass ein sensorischer Einfluss, welcher aus einer unterschiedlichen Unterstockbewirtschaftung resultiert, wenn überhaupt nur auf die Unterschiede hinsichtlich der Traubengesundheit zurückgeführt werden kann. Aussagen über die Lagerfähigkeit der Weine und die sensorische Veränderung der Versuchswaine im Zuge einer längeren Lagerung können nicht gemacht werden. Es wäre jedoch denkbar, dass sich Versuchsvarianten, welche im Laufe des Jahrganges höhere Stresssymptome aufgezeigt haben (wie beispielsweise bei der unbehandelten Kontrolle), im Rahmen der Weinlagerung anders verhalten als ungestresste Varianten. So wäre es durchaus denkbar, dass diese Varianten frühzeitig die Untypische Alterungsnote (UTA) ausbilden.

### 3.1.2 Ergebnisse im Arbeitsfeld C

Bedingt durch den späten Liefertermin der Geiertraube 85TLY konnten in 2013 lediglich Tastversuche durchgeführt werden.

Die Versuchsaktivität in 2014 zielte in erster Linie darauf ab, geeignete Anbauflächen für mögliche Bewirtschaftungssysteme zu schaffen, sowie die Entwicklung optimaler Handlungsstrategien zu generieren. Da im letzten Versuchsjahr 2015 durch die extrem trockene Witterung weitere Testfahrten de facto nicht möglich waren, wurde eine kostenneutrale Projektverlängerung beantragt. Diese wurde seitens der Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft bis zum 30.09.2016 gewährt.

Es wurden unterschiedliche Maschinen, welche bereits ausführlich in Kapitel 2.2 vorgestellt wurden auf ihre Eignung für den Steillagenweinbau untersucht.

Während Der Überzeilenrahmen mit den Clemens Multi-Clean Bürsten eher zu einem frühen Zeitpunkt in der Vegetationsperiode eingesetzt werden, konnte der Arbeitsvorgang sehr gut mit dem Ausbrechen der wilden Rebtriebe am Rebstamm erfolgen. Es konnten in diesem Kontext sehr gute Erfahrungen gesammelt werden. Selbst hoch aufgelaufene Problemkräuter, deren Beseitigung mit anderen Maschinen kaum vorstellbar ist konnten gut erfasst und bekämpft werden. Durch das Schwenken des Multifunktionsarmes und den damit verbundenen Wegfall der Leerfahrt, ist eine deutliche Steigerung der Flächenleistung möglich. Dennoch muss hier eine Arbeitszeit von mindestens 5 bis 6 Stunden pro Hektar veranschlagt werden, da die Fahrgeschwindigkeit nur sehr gering ist. Hinzukommt, dass der Wechsel am unteren Ende und vor allem die Bergfahrt für den Fahrer enorm anstrengend gestaltet, da bei der Bedienung der Raupe umgedacht werden muss. Die Steuerung der Arbeitsgeräte funktioniert somit genau spiegelverkehrt. Hinzukommt das veränderte Fahrverhalten der Raupe bei der Bergfahrt und das hohe Übersteuern welches aus dem Raupenfahrwerk resultiert.



*Abb. 19: Überzeilenbürste Multi-Clean im RMS Betrieb; das Umdenken bei der Bergfahrt verlangt dem Fahrer ein hohes Maß an Konzentration ab*

Es konnte herausgestellt werden, dass sich einige Geräte, in erster Linie handelt es sich um tastergesteuerte Gerätekombinationen, zwar grundsätzlich für den RMS Betrieb eignen, jedoch die Schlagkraft als sehr gering eingestuft werden muss. In diesem Kontext ist beispielsweise das Flachschar der Firma Braun (vergl. Abb. 20) anzusprechen. So wurde anhand von Zeitstudien selbst ohne die unvermeidbaren Wege- und Rüstzeiten zu berücksichtigen eine Arbeitszeit von 5 Stunden pro Hektar selbst unter optimalen Gegebenheiten kaum unterschritten. Da die Bearbeitung des Unterstockbereiches unter normalen Bedingungen mindestens zweimal pro Jahr erfolgen muss, resultiert eine sehr hohe Kostenbelastung. Vor allem schlägt dies bei der Lohnvergabe in besonders hohem Maße zubeuche.



*Abb. 20: Tastergesteuertes Flachschargerät der Firma Braun; Bearbeitung im Schubverfahren*

Die ebenfalls seitens der Firma Braun kostenlos zur Verfügung gestellten Unterstockmulcher konnten ebenfalls untersucht werden. Nachdem die Tastersteuerung hier auf die Gegebenheiten im Steilhang angepasst wurde, war eine schonende Bearbeitung problemlos möglich. Beim Einsatz des Spindelmulchers musste allerdings festgestellt werden, dass trotz der Bearbeitung während der Talfahrt die Ölleistung der Geierraupe 85 TLY nur spärlich in der Lage war, den Mulcher zu betreiben. Hartnäckige und vor allem verholzte Kräuter konnten somit nicht vollständig entfernt werden.

Der erprobte Sichelmulcher hatte das Problem, dass die Klängen beim Vorbeigleiten des Werkzeuges unter bestimmten Umständen den Rebstamm erfassten. Somit waren zum Teil erhebliche Verletzungen der Stämme zu beobachten. Eine generelle Eignung für den Steillagenweinbau kann aber dennoch in besonderem Maße ausgesprochen werden. Da das Gerät nämlich sehr kompakt ist und deutlich weniger Ölleistung dem Trägerfahrzeug abverlangt, ist der Einsatz am RMS grundsätzlich problemlos möglich. Lediglich muss der Mulchkopf geringfügig modifiziert werden, damit die beobachteten Verletzungen an den Rebstämmen aus bleiben. So muss in erster Linie die Form des Tasters angepasst werden,

damit der Mulchkopf sicher am Rebstamm vorbeigleiten kann. Gerade unter dem Aspekt, dass kein Eingriff in den Boden erfolgt, ist der Einsatz eines derartigen Mulchgerätes von besonderer Vorzüglichkeit, da somit keine Erosionsgefahr besteht. Die Arbeitsleistung der Unterstockmulcher ist in etwa mit der des Flachschars vergleichbar.

Die dennoch diffizile Anpassung der Tastersteuerung hat jedoch gezeigt, dass die Zukunft vor allem in den nicht tastergesteuerten Maschinen wie beispielsweise dem Scheibenpflug besteht. Das größte Problem ist hier allerdings, wie eingangs beschrieben die erhöhte Erosionsgefahr zu nennen. Die Herausforderung im Versuchsfeldes C lag somit darin, dass Mechanismen, bzw. Systeme generiert werden mussten, die der Bildung dieser scharfen Längsfurche entgegenwirken, bzw. sie rückverdichten. In diesem Kontext spielte die Beschaffung der Karutbürste 500 eine ganz zentrale Rolle.

Bei durchgeführten Versuchsfahrten wurde deutlich, dass gerade die Kombination aus Bürste und Abräumschild jede Erosionsrinne vermeidet und eine sehr ebene Fahrbahn in der Gasse hergestellt wird (Vergl. Abb.21).



*Abb. 21: Der Einsatz der 420 mm breiten Bürstenköpfe resultiert in den begrünteten Zeilen ein verhältnismäßig schmaler Begrünungsstreifen*

Auch bei sehr trockenen Bodensituationen konnte mit diesem Bürstensystem eine ausreichende Beikrautentfernung realisiert werden (Vergl. Abb. 11). Dabei wurde bei solch trockener Bodensituation keine übermäßige Staubentwicklung erzeugt (Vergl. Abb. 22). Dies ist begründet in der sehr geringen Umlaufgeschwindigkeit der Bürsten. Die mäßige Rotationsgeschwindigkeit der Bürsten wurde in das Konzept der Bürste integriert, um auch eine Bearbeitung im Hochsommer durchführen zu können ohne die Beeinträchtigung von

Fahrer und Maschinen durch Staubentwicklung zu provozieren. Zusätzlich wird eine Staubeinwirkung auf die Laubwand ausgeschlossen.



*Abb. 22: Bearbeitung mittels NaturaGriff. Selbst bei trockenen Bedingungen bleibt die Staubentwicklung gering*

Bei Betrachtung der Arbeitsweise des Gerätes waren Beschädigungen denkbar. Daher wurde dieser Aspekt nochmals genauer beleuchtet. Es konnte festgestellt werden, dass die geringe Umlaufgeschwindigkeit der Stahlbürsten in Verbindung mit einem nicht zu weiten Einzug der Bürsten in den Unterstockbereich zu einer sehr schonenden Arbeitsweise führt. Unterstützt wird dieser Effekt dadurch, dass die Stahlstreifen der Bürste im 45 ° Winkel nach Außen in tiefere in Bodenschichten vordringen und somit ein Kontakt mit der Wurzelstange ausgeschlossen ist. Die sensitive Tastersteuerung verhindert auch den direkten Kontakt der abgerundeten Enden der Stahlstreifen mit dem Rebstock. Ein Hauptziel dieser neueren Entwicklung bestand darin, dass jedwede Verletzung des Rebstockes ausgeschlossen werden sollte.

Bei den Versuchsfahrten konnte festgestellt werden, dass keine Jungreben jedweder Alterstufe beschädigt wurden. Ferner fiel auf, dass selbst Rebschutzhüllen oder Rebschützer in Form von einfachen Milchtüten oder Fraßschutzgamaschen nicht durch das NaturaGriff-System beschädigt wurden. Eine größer angelegte Schadböschung auf Basis von zusätzlichen Grabungen ist in der Abbildung 23 dargestellt.

Im Unterlagsbereich konnte überhaupt keine Beschädigung durch die Bürste festgestellt werden. Dies geht mit der zuvor beschriebenen Arbeitsweise der Bürstenstreifen einher, welche vom Stock weggerichtet im Boden operieren. Die „Schäden“ die der Unterlagskopf erfuhr oder die auf dem Rebstamm festgestellt wurden, sind als sehr gering zu bezeichnen und

werden durch das angewendete Bonitursystem eher überbewertet. So wurde beispielsweise das unbedenkliche Abkratzen von Teilen der Borke als Schaden erfasst. Weiterhin muss festgestellt werden, dass die geringfügigen Beschädigungen eher auf Fahrfehler oder auf einen ungünstigen Stammaufbau zurückzuführen sind.

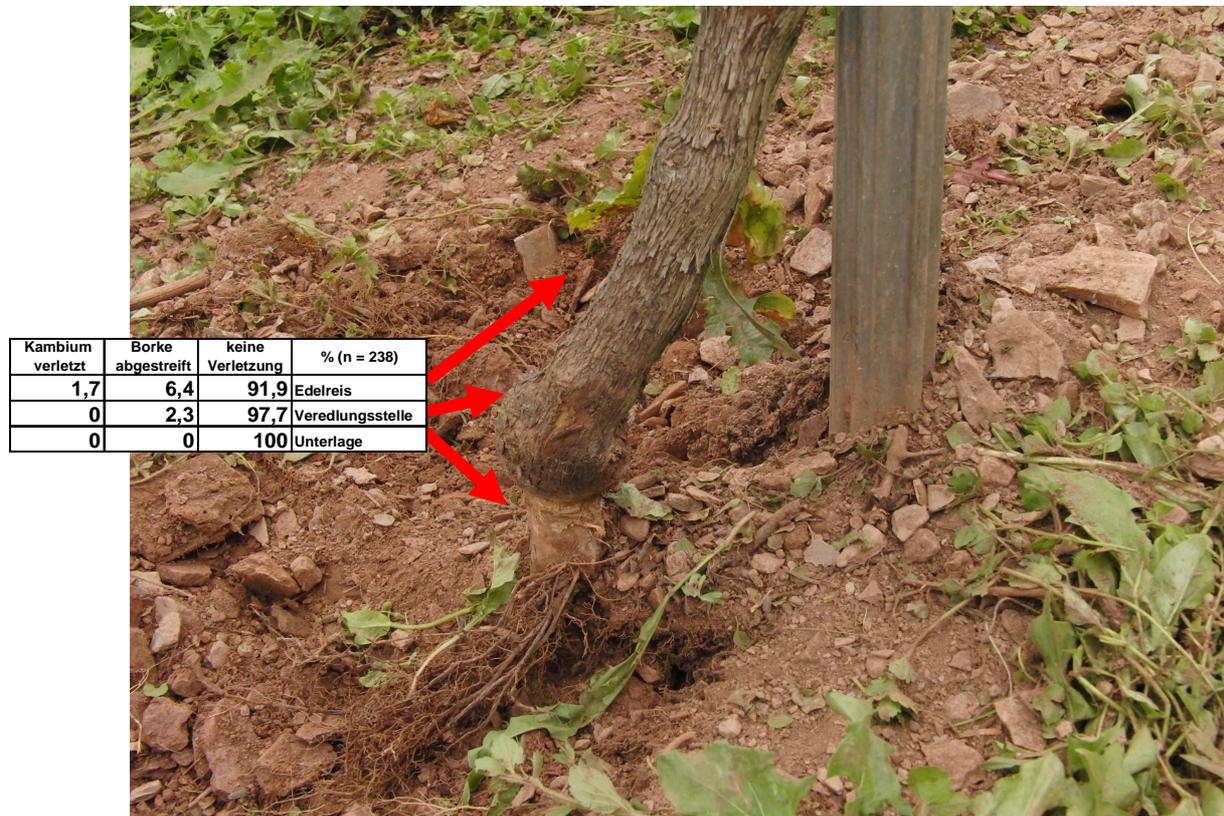


Abb. 23: Ergebnisse der Schadböschung

In der Gesamtschau kann gesagt werden, dass der Einfluss dieses Bürstentyps auf den Rebstock sehr gering ist. Diese Aussage wird auch besonders untermauert durch die Ergebnisse bei trockenen Einsatzbedingungen, da vor allem bei solchen Situation von einem härteren Eingriff auf den Rebstock ausgegangen werden kann.

Um Beschädigungen am Rebstock auszuschließen arbeiten Bürstenköpfe eher neben dem Unterstockbereich. Diese Arbeitsweise hat aber zur Folge, dass der Bearbeitungsbereich stark in die Fahrgasse hinein ragt. Dies führt zu einem schmalen Begrünungsstreifen in der Fahrgasse (Vergl. Abb. 21). Verstärkt wird dieses Phänomen, wenn die breiteren Bürstenköpfe mit einem Durchmesser von 420 mm Verwendung finden.

Je nach Gassenbreite, Schlepperspur und Bereifung entsteht möglicherweise somit ein Problem, dass selbst in der „begrünten“ Gasse eine teilweise Überfahrt auf offenem Boden erfolgen muss. Darüber hinaus wird bei einem Bewirtschaftungssystem, das den Wechsel von

offener und begrünter Gasse vorsieht, der begrünzte Anteil der Rebfläche stark reduziert. Dem könnte entgegengetreten werden, indem man vom Wechsel von begrünter und offener Rebzeile künftig absieht und stattdessen in jeder Gasse einen schmalen Begrünungsstreifen belässt. Dies hätte den Vorteil, dass jede Gasse gleichermaßen gepflegt wird und ein zweiter Arbeitsgang eingespart werden könnte.

Eine zweite Variante besteht in der Verwendung von Bürstenköpfen mit kleinerem Durchmesser. Die Firma NaturaGriff bietet auch Bürstenköpfe mit einem Durchmesser von 300 mm an. Beim Einsatz solcher Bürsten erfolgt bedingt durch andere Rotationseigenschaften wiederum eine andere Bearbeitungsart. Denn durch die Verringerung des Durchmessers erfolgt physikalisch gesehen eine Reduktion der Bahnkurve, was bei gleicher Winkelgeschwindigkeit mit einer Erhöhung der Bahngeschwindigkeit einhergeht. Daher müssen noch Versuche durchgeführt werden, ob die Arbeitsqualität dieser kleineren Bürstenköpfe ausreichend, bzw. durch die höhere Bahngeschwindigkeit nicht zu aggressiv ist. Es konnte festgestellt werden, dass das NaturaGriff-System sehr gut dazu geeignet ist um „Mini-Erdwälle“ zu entfernen, die durch den Scheibenpflugeinsatz im Unterstockbereich entstanden sind. Einigen anderen Unterstockbearbeitungssystemen gelingt keine so gute Einebnung ohne zu stark Bodenbewegungen zu provozieren. Vor allem werden durch die Bürstenköpfe keine weiteren Erosionsrinnen verursacht. Die vorhandenen Längsrillen die durch den Scheibenpflugeinsatz entstanden sind, werden mithilfe der beweglichen Prallbleche sogar gänzlich eingeebnet (Vergl. Abb. 4). Durch die genannten Eigenschaften kann dieses Bürstensystem gut im Sinne des Erosionsschutzes eingesetzt werden.

Der sehr leichte Eingriff der Bürstenstreifen reicht aus, um den unbedingt notwendigen Kapillarbruch im Unterstockbereich zu erlangen. Darüber hinaus werden potentielle Wasserkonkurrenten im Unterstockbereich beseitigt.

Der Unterstockbereich ist hinsichtlich des Wasserhaushaltes als sehr sensibel zu bezeichnen, sodass diese leichte Art der Bodenbearbeitung im Unterstockbereich vorteilhaft für den Praktiker ist. Aus Sicht des Gewässerschutzes ist weiterhin hervorzuheben, dass die leicht oberflächige Bearbeitung auch keine allzu großen Stickstoffschübe einleitet.

Ein sehr großer Nachteil der Krautbürste liegt vor allem in den Kosten. So sind die variablen Kosten als vergleichsweise niedrig anzusehen, denn für den Bürstenverschleiß werden laut Herstellerangaben etwa 2,00 bis 2,20 Euro/ha angegeben. Dabei könnte laut der Firma NaturaGriff auch bei höheren Steingehalten mit einem Bürstenkopfsatz 70 bis 80 ha bearbeitet werden. Ein Bürstenkopf kostet etwa 80 Euro. Jedoch sind die Anschaffungskosten für diese Maschine relativ hoch. Dies ist wohl begründet in der sehr kleinen Produktionszahl

der Firma NaturaGriff. Bei jedem Gerät handelt es sich wohl um ein Unikat. Die Vorteile einer arbeitsteiligen Produktion oder Arbeitsweise sind hier wohl noch nicht voll ausgeschöpft worden. Daher kostet das Gerät ohne zusätzliche Hydraulikanlage ca. 15.000 Euro netto. Bei den meisten Schleppern liegt für den Antrieb der beiden Bürsten eine zu geringe Ölfördermenge vor, sodass noch zusätzlich eine zapfwellengetriebene Hydraulikanlage auf die Maschine aufgebaut werden muss. Die Kosten für diese Anlage betragen zusätzlich ca. 3.000 Euro netto. In diesem Zusammenhang ist zu hoffen, dass durch eine größere Produktionszahl dieser Geräte noch eine Kostendegression erfolgen kann.

Insgesamt konnte deutlich herausgestellt werden, dass die Krautbürste NaturaGriff 500 vor allem zum Scheibenpflug eine hervorragende Ergänzung darstellt.

Dieser sollte jedoch zwingender Maßen auf die Bedingungen im Steilhang angepasst und entsprechende Vorrichtungen zur Erosionsvermeidung beinhalten. Wie beispielsweise die Kombination aus Scheibenpflug und Kress-Fingerhacke.

Die Kress Fingerhacke oder auch Fingerkralle genannt, konnte in der Einzelanwendung bisher kein überragendes Ergebnis im Weinbau vorweisen, denn in besonderer Weise sind im Weinbau sehr trockene und zudem harte Böden vorzufinden. Aber im direkten Einsatz zusammen mit der Scheibe bringt die Kress-Fingerkralle ein sehr gutes Ergebnis hervor. Insbesondere wenn die Fingerhacke direkt hinter der Scheibe positioniert wird. Dabei entstehen bei der Durchfahrt zwei Effekte. Zum einen wird die problematische Längsfurche, die durch die Scheibe entsteht, weitestgehend geschlossen. Zum anderen wird der Bildung eines Erdwalls im Unterstockbereich entgegengewirkt, denn durch den leichten Eingriff in den Unterstockbereich wird wiederum eine Durchmischung des Bodens vollzogen, sodass einem Wiederauwachen von Beikräutern entgegengewirkt wird.



*Abb. 24: Oberstern der Kress-Fingerhacke in Form eines leichten Kunststoffstern übernimmt die Funktion eines Abstandhalters zum Rebstock*

Zudem werden Wurzelunkräuter nicht mehr mit frischem Boden überdeckt. Insgesamt muss aber auch gesagt werden, dass die Fingerhacke durch die unmittelbare Vorarbeit der Scheibe auch leichtes Spiel hat, da der Boden der Fingerkralle wie eine Wasserwelle zugeführt wird und somit der obere Fingerstern (Abb. 24) der Kress-Fingerhacke genau die Funktion übernehmen kann, die solch ein leichter Kunststoffstern leisten kann. Der Gummistern übernimmt somit eine leichte Verteil- und Zerstreuarbeit von Boden der sich in Wallung befindet. Von daher gereicht dieses Zusammenspiel von Scheibe und Fingerhacke dem gesamten System zu einem besonderen Vorteil. Neben dem oberen Gummistern, der durch den Werkstoff keine harten Eingriffe an den Rebstock zulässt, besitzt die Fingerhacke auch noch einen Unterstern aus Stahl. Dieser Unterstern ist für den Eingriff in den Boden vorgesehen. Aber eigentlich fixiert und positioniert dieser Metallstern die Kress-Fingerkralle gegenüber dem Rebstock. Das heißt neben dem Rebstock wird eine leichte Bodenbearbeitung durch diesen Stern geleistet und somit wird dazu beigetragen, die Erosionsrinne der Scheibe zu schließen. Gleichzeitig wird damit gewährleistet, dass dieses Werkzeug immer neben dem Rebstock arbeitet und durch die rückwärtigen Abstandhalter, in Form des oberen Gummisterns, wird diese Bearbeitungsposition somit sichergestellt. Das alleine wäre aber noch nicht der große Durchbruch, der durch die Fingerhacke erreicht wird. Der große Vorteil dieses Untersterns besteht nun darin, dass insgesamt die Scheibe sowie die Fingerkralle mit einem nahezu festen Abstand der beiden Systeme zum Rebstock oder Zeile positioniert werden können.



*Abb. 25: Unterstern der Fingerhacke aus Stahl fixiert das System Scheibe Fingerhacke im Boden*

Das heißt der Untersterne stellt eine Art Fixierungsanker dar. Somit ist es möglich den Schwergrubber, an dem Scheibe und Fingerkralle angebaut sind, frei zu geben oder bei der Heckhydraulikunterlenkerverriegelung auf Schwimmstellung umzustellen. Damit können die Untersterne der Fingerkralle den gesamten Schwergrubber hinsichtlich des Abstandes zum Rebstock fixieren oder führen. Bei Versuchsfahrten diesen Effekt der Führung der Scheiben durch diesen kleinen Untersterne zu beobachten ist besonders interessant, zumal bei einem beidseitigen Heckanbau der Scheibe immer das Problem der genauen Vorbeifahrt an dem Rebstock vorliegt. Die notwendigen Lenkbewegungen haben bei der Arbeitsweise ohne Fingerkralle oftmals ein suboptimales Ergebnis ergeben, weil einfach zum Teil zu weit entfernt vom Rebstock (Lenkbewegung) gescheibt werden musste und somit Unkrautinseln verblieben sind. Aus diesem Grund ist der Einsatz an der Raupe im RMS Betrieb für eben dieses Unterstockgerät äußerst interessant, gerade auch in Verbindung mit der Krautbürste NaturaGriff.

Eine weitere interessante Entwicklung stellt die sogenannte Rollhacke dar. Dieses innovative Bearbeitungsgerät hat sich in den letzten drei Jahren extrem stark in der Praxis etabliert.

Die Lösung der Firma Braun konnte ebenfalls kostenneutral getestet werden. Dieses Gerät weist zwei parallel angeordnete Arbeitssterne auf. Diese haben eine Materialdicke von 8mm. Die ersten Rollhacken von der Firma Adelhalm Landtechnik Maschinenbau hingegen hatten nur sehr geringe Wandstärken, sodass der Eingriff der Werkzeuge in den Boden nur sehr schwach erfolgte, und der gewünschte Arbeitseffekt oft nicht erreicht wurde. Durch die Überarbeitung der Wandstärke bei der Braunlösung wird eine erhöhte Stabilität und bessere Standfestigkeit der Bearbeitungssterne erreicht. Durch diese Veränderung wird die Arbeitsqualität mit einen besseren Eingriff in den Boden verbessert. Weiterhin kann durch die Einstellung des Sternepakets je nach Wunsch eher eine Wendearbeit oder lediglich eine leichte, eher reißende Bodenbearbeitung vollzogen werden. Weiterhin ist mit der Art der Einstellung (damit ist die Ausrichtung der Sterne gemeint) eine mehr oder minder starke Wendearbeit des Bodens wählbar. In Abhängigkeit der Einstellung kann somit die Art und Menge des Bodenüberwurfes gesteuert werden. Dieser Vorteil der variablen Einstellmöglichkeit ist von besonderem Vorteil vor allem bei stärkerem Unkrautbewuchs. Dadurch dass die Firma Braun die Rollhacke in die Aufnahme des bekannten LUV integriert, ist die zuvor aufgeführte Notwendigkeit der veränderten Einstellmöglichkeit sehr einfach zu bewerkstelligen. Diese einfache Anpassung wird durch die Lochplattenverstellung der Firma Braun, die sich schon beim Scheibenpflug bewährt hat, gut umgesetzt. Somit kann eine schnelle Anpassung an die jeweiligen Bodenverhältnisse und den damit verbunden

Verunkrautungszustand erreicht werden. Die Aufnahme des Rollhackenpakets in die Aufhängung am LUV der Firma Braun lässt somit auch eine einfache Nachrüstung in das bestehende System zu. Damit kann bei bereits getätigten Investitionen (Schwergrubber, LUV usw.) dieses Rollhackensystem einfach und preiswert nachgerüstet werden.

Obschon mit der Rollhacke, je nachdem welche Überwurfweite des Bodens gewünscht wird, eine sehr schnelle Bearbeitungsfahrt ermöglicht, so ist auch eine wechselnde Arbeitskombination mit dem Scheibenpflug ratsam. Beide können sich sehr gut ergänzen. Je nach Einstellung der Rollhacke, die im Nachgang einer Scheibenpflugbearbeitung erfolgen kann, wird der durch den Scheibenpflug provozierten Furche, die eine Erosionsrinne darstellt, entgegengewirkt. Insgesamt wirkt die Anpassung des Rollhackensystems an die bewährte Aufnahmen für den Scheibenpflug sehr gelungen. Die Eignung für den RMS Betrieb konnte bewiesen werden. Im Laufe der Testphase kam es zu keinerlei Erosionsereignissen.

Eine weitere sehr innovative Neuigkeit stellen die Duplexscheiben der Firma Rust Maschinebau dar. Diese verbinden die Vorteile der Rollhacke mit dem üblichen Scheibenpflug. Wie in den Versuchsfahrten gezeigt werden konnte, ist das in zweiter Reihe geschaltete Element in der Lage, die Erosionsfurche deutlich zu minimieren. Infolge eines Starkregens, welcher nach den erfolgten Versuchsfahrten ereignete kam es zu keinerlei Erosionsschäden. Der einzige Nachteil des Systems besteht darin, dass die Zeilenbreite mindestens 1,80 m betragen, und bestenfalls 2,10 m nicht überschreiten sollte. Wie mit allen nichttastergesteuerten Maschinen war mit der Duplexscheibe eine Bearbeitungsgeschwindigkeit von 5 bis 6 km/h problemlos möglich. Die Arbeitszeit pro Hektar beläuft sich somit auf rund 3 Stunden inklusive der unvermeidbaren Wege- und Rüstzeiten.

### 3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wie aus den in 3.1 geschilderten Ergebnissen hervorgeht, wurde im Zuge des Vorhabens eine ganze Bandbreite von Strategien untersucht und modifiziert, sodass grundsätzlich von einer deutlichen Verbesserung der Lage gesprochen werden kann. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt keine klare Universallösung für den Steilhang ausgesprochen werden. Zwar gibt es Systeme, welche auf ihre Weise sehr gut funktionieren, jedoch zumindest zum aktuellen Zeitpunkt eben nicht eine ganzheitliche Nutzung über das Jahr hinweg erlauben. In besonderem Maße gilt dies für den Maschineneinsatz.

Wie aus dem Vorhaben eindringlich hervorgeht, ist der Herbizideinsatz, obgleich er teilweise negative Auswirkungen auf Traubengesundheit und dergleichen hat, definitiv die kostengünstigste Form der Unterstockbewirtschaftung darstellt. Wenn die Entscheidung für eine herbizidfreie Bewirtschaftung getroffen wird, muss mit höheren Bewirtschaftungskosten gerechnet werden. Diese können unter Umständen bis zu 2000 € je Hektar höher ausfallen, ungeachtet etwaiger Ertragseinbußen.

Der richtige Weg um einer herbizidfreien Steillagenbewirtschaftung gerecht zu werden liegt in erster Linie in der konsequenten Kombination unterschiedlicher Systeme.

Ein entsprechendes Wegenetz und moderne Spalierdrahtanlagen mit Zeilenbreiten von 1,80 m bis 2,00 m vorausgesetzt, können der Praxis mithilfe der im Vorhaben generierten Erkenntnisse drei Strategien empfohlen werden.

### **Lösungsvorschlag 1: Unterstockmulcher ergänzend zur Unterstockbegrünung**

Wie im Arbeitsfeld A und B gezeigt werden konnte, eignen sich Unterstockbegrünungspflanzen nicht gleichermaßen für den Einsatz im Steilhang. Infrage kommt ganz klar das kleine Habichtskraut (*Hieracium pilosella*) und die Begrünungsmischung von Delinat. Durch eine Verbesserung der C/N Verhältnisse resultiert eine deutliche Reduktion des Fäulnisrisikos, was unter extremen Witterungseinflüssen zur Verbesserung der Fäulnissituation führen kann. Der Nachteil besteht vor allem in der mühseligen Etablierung der Unterstockbegrünungen. Unterstützt mit einem Unterstockmulcher wäre es somit möglich, die auflaufende gewünschte Begrünung vor Überwucherung durch Problemkräuter zu schützen. Hat sich die Begrünung erst einmal etabliert, so wird der Einsatz des Unterstockmulchers deutlich seltener erforderlich sein. Ferner besteht die Möglichkeit, nur in begrenztem Maße mittels Tastersteuerung in der Unterstockbereich einzugreifen, d. h. der Mulchkopf müsste nicht bis unmittelbar an den Rebstamm herangefahren werden. Somit ist das Risiko einer Stammverletzung minimiert und vor allem sind höhere Arbeitsgeschwindigkeiten möglich, da nicht der volle Schwenkbereich der Mulchköpfe ausgeschöpft werden muss. Die Bildung von unbearbeiteten Unterstockinseln kann demnach in Kauf genommen werden, denn durch die Ansiedlung der Unterstockbegrünung sollten in diesem Bereich Beikräuter keine Probleme mehr bereiten. Aus diesem Grund wäre bereits bei der Etablierung der Begrünung darauf zu achten, dass vor allem in Stammnähe eine positive Entwicklung der Unterstockbegrünung sichergestellt ist.

Die Vorteile des Lösungsvorschlags 1 liegen vor allem darin, dass durch eine konsequente Vermeidung einer Bodenlockerung keinerlei Erosionsgefahr besteht. Da sich der Nährstoff- und Wasserhaushalt im Vergleich zu anderen Bewirtschaftungsformen verschiebt, ist mit einer Steigerung der Lesegutqualität zu rechnen. Der Maschineneinsatz wird nach erfolgreicher Ansiedlung nur noch in geringem Umfang erforderlich sein. Mitunter kann der Einsatz eines breitenverstellbaren Rebgassenmulchers ausreichen, sodass keine weiteren Investitionen erforderlich sind.

Bedingt durch die ungünstigere Wasserversorgung eignet sich die Lösung 1 nicht in trockengefährdeten Standorten und sollte vornehmlich in Bereichen mit guter Wasserversorgung, wie zum Beispiel in Hangfußlagen zum Einsatz kommen.

### **Lösungsvorschlag 2: Scheibenpflug und Krautbürsten NaturaGriff 500**

Während sich der Vorschlag 1 nur in gut versorgten Böden eine Rolle spielt, ist der Lösungsvorschlag 2 vor allem für trockene Standorte geeignet, weil eine Bodenlockerung mittels Scheibenpflug vorgesehen ist. Allerdings besteht darin der große Nachteil des Erosionsrisikos. Daher müssen einige Grundsätze Beachtung finden. So darf der Einsatz des herkömmlichen Scheibenpfluges nicht erfolgen, wenn auf lange Sicht mit einem Starkregen gerechnet werden muss. Folglich kann die Beabreitung nur im Frühjahr erfolgen, da dann das Gewitterpotential als gering eingestuft werden kann. Liegt eine Erosionsfurche vor, so ist im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode darauf zu achten, dass diese in jedweder Weise verschlossen, bzw. rückverdichtet wird, vor allem wenn durch hohe Temperaturen ein Starkregenereignis zu befürchten ist. In diesem Zusammenhang konnten gute Ergebnisse mit der Krautbürste 500 von NaturaGriff erzielt werden. Bedingt dadurch, dass nur ein leichter Eingriff in den Boden erfolgt in Verbindung mit dem beweglichen Prallblech und der damit verbundenen Einebnung des Unterstockstreifens, ist die Gefahr vor Bodenerosion deutlich reduziert. Dadurch dass der Boden im Zuge des Scheibeneinsatzes gelockert wurde, hat die Bürste leichtes Spiel. Durch die Einebnung ist sichergestellt, dass der beikrautbekämpfende Effekt durch die Bildung eines leichten Erdwalls durch den Scheibenpflug auch im Folgejahr sichergestellt ist. NaturaGriff-Bürste und Scheibenpflug ergänzen sich somit in besonderer Weise.

### **Lösungsvorschlag 3: Modifizierte Scheibenpflüge und/oder Rollhackensysteme**

Findet anstelle des einfachen Scheibenpfluges ein Modell mit nachgeschalteter Kress-Fingerhacke Anwendung, so ist davon auszugehen, dass der Bildung einer scharfen Längsfurche in besonderer Weise entgegengewirkt ist. Auch mittels Duplexscheibe, welche ebenfalls als modifizierter Scheibenpflug angesehen werden kann, lassen sich gute Ergebnisse erreichen. Demnach muss nicht zwangsläufig mit einem Bürstensystem wie z. B. von NaturaGriff nachgearbeitet werden und die Investitionskosten beschränken sich somit auf lediglich ein Bearbeitungsgerät. Aus Erfahrung muss jedoch gesagt werden, dass trotz augenscheinlich gutem Rückverschluss der Furche die Erosionsgefahr nicht vollkommen gebannt werden kann. Somit ist der Einsatz immer unter Beachtung des Starkregenrisikos abzuwägen. Ähnliches gilt für den Einsatz der Rollhacke, welche bei richtiger Handhabung ihrerseits eine ideale Ergänzung zum Scheibenpflug herangezogen werden kann. Da hier die Längsfurche nicht so stark ausgebildet wird, kann jedoch tendenziell von einem geringeren Erosionspotential ausgegangen werden. Der Einsatz der Rollhacke empfiehlt sich somit auch zu einem späteren Einsatz im Jahr.

Der Einsatzbereich für eben diese Gerätschaften ist wie bei Vorschlag 1 lediglich auf Standorte mit guter Wasserversorgung, sondern ist universell möglich. Bedingt durch die effiziente Bekämpfung, der schnellen Bearbeitungsgeschwindigkeiten und der vergleichsweise geringen Investitionskosten stellen modifizierte Scheibenpflüge und Rollhacken eine sehr effiziente Bewirtschaftungsmethode dar.

### **Unzugängliche Steilst- und Terrassenlagen**

Wie aus dem Vorhaben hervorgeht, können die genannten Lösungsansätze nicht in Steilst- oder Terrassenlagen angewendet werden, da sie auf dem Einsatz des RMS basieren. Soll auch hier eine herbizidfreie Bewirtschaftung erfolgen, so kann dies lediglich mithilfe von Abdeckungsmaterialien bzw. einer Unterstockbegrünung bzw. der ganzflächigen Einsaat eben dieser Begrünungen erfolgen. Da diese Lagen nur schwer zugänglich sind, so stellt das großvolumige Einbringen geeigneter Abdeckungsmaterialien eine besondere Herausforderung an die Praxis. Ob eine ganzflächige Begrünung mit Habichtskraut oder einer niedrigen Begrünungsmischung dauerhaft möglich, konnte nicht gezeigt werden, sodass an dieser Stelle vorerst keine geeignete Alternative zur manuellen Beikrautbekämpfung aufgezeigt werden kann.

## 4. Zusammenfassung

Im Zuge des Vorhabens wurden unterschiedliche Methoden zur herbizidfreien Bewirtschaftung im Steilhang untersucht. Dazu zählten neben der Unterstockbegrünung die Unterstockabdeckung sowie die mechanische Regulierung des Unterwuchses.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die einzelnen Unterstockbegrünungspflanzen nicht gleichermaßen für den Einsatz im Steilhang eignen. Dauerhaft gute Ergebnisse waren bei dem kleinen Habichtskraut (*Hieracium pilosella*) und einer artenreichen Unterwuchsmischung der Firma Delinat zu beobachten. Der gemeine Mauerpfeffer (*Sedum acre*) war nicht in der Lage Beikräuter dauerhaft zu unterdrücken und wurde im Laufe der Vegetationsperiode überwuchert. Die mangelhafte Frosthärte des Bodenfrüchtigen Klees (*Trifolium subterraneum*) machte eine mehrjährige Nutzung unmöglich.

Es konnte ein Einfluss der Unterstockbegrünung auf den Humusgehalt und den freiverfügbaren Stickstoffgehalt festgestellt werden. Das günstigere C/N-Verhältnis begünstigte die Traubengesundheit. Die Wasserversorgung war im Vergleich zu den Bodenabdeckungen tendenziell ungünstiger, wobei daraus in den Versuchsjahren 2013 bis 2015 kein eindeutiger Nachteil resultierte.

Die Bodenabdeckungen setzten aufgrund der hohen Kosten eine möglichst langfristige Nutzung voraus. Insbesondere gilt dies für die Variante Lavaabdeckung. Durch die häufige Störung der Rindenmulchabdeckung durch Schwarzwild und die unzureichende Unterdrückungswirkung muss bei den Abdeckungsvarianten immer mit Nach- und Folgearbeiten gerechnet werden, was die Wirtschaftlichkeit der Methoden infrage stellt.

Für RMS mechanisierbare Flächen konnten drei Lösungsansätze zur herbizidfreien Bewirtschaftung herausgestellt werden, welche die Kombination von mehreren Komponenten beinhalten.

So ergänzen sich Unterstockmulcher und Unterstockbegrünung und bieten auf Standorten mit einer guten Wasserversorgung eine interessante Alternative. In mageren Bereichen sollte zu einem frühen Zeitpunkt der Scheibenpflug eingesetzt werden; um die dadurch resultierende Längfurche zu schließen sollte mittels Unterstockbürste NaturaGriff nachgearbeitet werden.

Alternativ sind drittens modifizierte Scheibenpflüge wie Duplexscheibe oder Scheibe in Verbindung mit einer Kress-Fingerhacke möglich. Auch Rollhackensysteme konnten mit großem Erfolg am RMS gefahren werden und im Folgenden sind hier weitere Gerätetypen zu erwarten, welche den Anforderungen im Steilhang gerecht werden sollten.

Alles in allem muss jedoch festgehalten werden, dass die herbizidfreie Bewirtschaftung trotz der Vielzahl an Möglichkeiten deutlich kostenintensiver ist und nur dann empfohlen werden kann, wenn ein deutlicher Mehrerlös zu erwarten ist. Die negativen Auswirkungen der Herbizidanwendung auf die Traubengesundheit und die Verschlechterung des Humusgehaltes im Boden können die finanziellen Nachteile nicht aufwiegen.

Für unzugängliche Steilstlagen boten die untersuchten Varianten keine Alternative für die manuelle Beikrautbekämpfung.

## **6. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen mit Hinweisen auf eine weiterführende Fragestellung**

Ziel des Vorhabens war die Generierung von Alternativen zur Herbizidanwendung, sodass eine Bewirtschaftung von Steillagen auch flächendeckend gemäß den Richtlinien der ökologischen Bewirtschaftung erfolgen kann.

Nach den vorliegenden Ausführungen kann ganz deutlich gesagt werden, dass dieses Ziel in vollem Umfang erreicht wurde. Obgleich jedoch klar ist, dass der Praxis keine generell gültige Universallösung angeboten werden kann, da der Erfolg in der standortangepassten und optimalen Geräteabstimmung sowie –kombination liegt. Es konnten deutliche Unterschiede innerhalb der einzelnen Varianten herausgestellt werden.

Im Folgenden wird sich zeigen, welches der untersuchten Systeme sich dauerhaft in der Praxis etablieren kann.

Was den Zeitplan des Vorhabens anbetrifft, so kann gesagt werden, dass die Untersuchungen im Arbeitsfeld C am stärksten durch äußere Einflüsse geprägt war, sodass in diesem Bereich über die Vorhabenslaufzeit hindurch ein leichter Verzug zu verzeichnen war, welcher jedoch mit der kostenneutralen Verlängerung des Vorhabens bis zum 30.09.16 erfolgreich aufgeholt werden konnte. Die Untersuchungen im Arbeitsfeld A und B verliefen vollkommen planmäßig. Der Kostenrahmen wurde nicht überschritten.

Betrachtet man die Vielzahl an neuen Gerätesystemen, welche sich im Laufe des Vorhabenszeitraumes etabliert haben, allen voran Scheibe und Kress-Fingerhacke, Rollhacke und Duplexscheiben, so wird deutlich, dass sich gerade auch seitens der Hersteller immer mehr Konstrukteure sich dem Thema mechanische Unterstockbewirtschaftung annehmen. Sicherlich ist dies durch die aktuell in der Öffentlichkeit sehr präsente Glyphosatdiskussion

begründet. Aber nicht zuletzt erfolgte im Zuge des Vorhabens eine enge Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern. Im Rahmen einer Vielzahl von Fachvorträgen, z. B. auf den Moselweinbautagen 2015 und 2016, auf der 56. Arbeitstagung des FDW in Bad Kreuznach, auf dem 62. Weinbaukongress in Stuttgart (und weitere Veranstaltungen), wurde laufend auf die aktuellen Ergebnisse und Entwicklungen zum Thema Unterstockbewirtschaftung referiert. Sowohl in 2013 als auch in 2016 erfolgte in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft, des VEW Mosel e.V. und dem Maschinenring Wittlich eine große Maschinenvorführung mit jeweils etwa 400 Besuchern statt. Eine Vielzahl von fachlichen Veröffentlichungen (vergl. Literaturverzeichnis neuere Artikel zum Thema Unterstock) bewirkte weiterhin ein Transfer der generierten Ergebnisse hin zur fachlichen Praxis.

Aus diesem Grund kann das Vorhaben „Beikrautbekämpfung in Steillagen...“ mit Recht als voller Erfolg angesehen werden, auch wenn die vorgestellten Lösungen technisch durchaus noch weiter optimiert werden müssen.

## 7. Literatur

- ADAMS, K. & D. MAUL (1971): Arbeitsverfahren zur Unterstockbodenpflege in Direktzuglagen.– Der Deutsche Weinbau 26: 150-154.
- GÄNZ, F. (2010): Unterstockbodenpflege: Mechanische Möglichkeiten.– Das Deutsche Weinmagazin 5/6 5: 38-39.
- HANNI, E. (2006): Mechanische Unterstockbearbeitung: Möglicher Herbizideinsatz oder zusätzlicher Aufwand?.– Obstbau-Weinbau. Fachblatt des Südtiroler Beratungsrings 9: 237-239.
- HAUSER, R. (1992): Die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Unterstockbodenpflegeverfahren.– Rebe und Wein 45: 352-357.
- HAUSER, R. (2011): Mechanische Verfahren im Vergleich: Technik und Ökonomie der Unterstockbodenpflege.– Der Winzer 6: 10-11.
- LEONHARDT, H. (1985): Der Unterstockmulcher, eine interessante Ergänzung.– Der Badische Winzer 6: 318-322.
- MAUL, D. (1984): Verfahren zur Unterstockbodenpflege in Direktzuglagen für den Weinbau.– Der Deutsche Weinbau 39: 646-650.
- MOHR, H. (2000): Begrünung im Weinbau- auf der suche nach neuen Wegen.– Forschungsreport der Biologischen Bundesanstalt 1: 20 -23.

- PFAFF, F. (1994): Bodenpflege- mehr denn je erforderlich.– Das Deutsche Weinmagazin 12: 31-34.
- PFAFF, F. (2012): Die mechanische Bodenpflege gewinnt immer mehr an Bedeutung: Es geht auch anders!- mehr denn je erforderlich.– Das Deutsche Weinmagazin 16/17: 40-47.
- RÜHLING, W. (2000): Intervitis Interfructa: Innovatives für den.– Der Deutsche Weinbau 14: 12-15.
- RÜHLING, W. & W. STRUCK (2000): Energie sparen ist angesagt.- Die Winzerzeitschrift 6: 27-29.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2003a): An assessment method for the quantification of *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) (Hem., Phylloxeridae) populations in the field.- J. Appl. Ent. 127: 157-162.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2003b): Biologische Kontrolle von Reblauspopulationen – Hilft ein Bodenpilz gegen die Reblaus?.- Das Deutsche Weinmagazin 12: 16-18.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2003c): Ökologischer Weinbau in Deutschland - Eine realistische Prognose.- Das Deutsche Weinmagazin 26: 26-30.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2004a): Ökonomie der Umstellung auf den ökologischen Weinbau - Was kostet die Umstellung?.- Das Deutsche Weinmagazin 20: 24-29.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2004b): Hat ökologischer Weinbau eine Zukunft?.- Die Winzer Zeitschrift 8: 28-29.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2004c): Ökologische Perspektiven.- Das Deutsche Weinmagazin 11: 28.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2004d): Der Scheibenpflug: Die optimale Lösung für die Unterstockbodenpflege?.- Die Winzerbörse 8: 10-12.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2004e): Bodenbearbeitung: Die Wunderscheibe.- Das Deutsche WeinMAGAZIN 9/10: 62-63.
- PORTEN, M., HUBER, L. & B. FADER (2004): Economic assessment of the conversion phase by means of contribution margin accounting considering as example a wine-growing estate in the wine-region 'Rheinhessen'.- Intervitis Interfructa, 12. - 13. May 2004, Stuttgart, Germany: 112 - 122.
- PORTEN, M. (2004):Raupentag der Praktiker.- Das Deutsche Weinmagazin 23: 34
- PORTEN, M. (2005a): Innovationen bei der Rebpflanzung.- Das Deutsche Weinmagazin 8: 38-40.
- PORTEN, M. (2005 b): Weinbautechnik: Bewegung auf dem Scheibenmarkt - Das Deutsche Weinmagazin 9: 10-12.

- PORTEN, M. & L. HUBER (2005): Der Scheibenpflug: Eine Innovation in der Unterstockbodenpflege.- Die Winzer-Zeitschrift 20: 38-39.
- PORTEN, M. & F.J. TREIS (2006): Querbau Tag des DLR Mosel.- Das Deutsche Weinmagazin 23:35-36.
- PORTEN, M. & E. KOHL (2006): SMS Tag.- Das Deutsche Weinmagazin 22:34-35.
- PORTEN, M. (2007): Abgeschirmte Unterstockabspritzgeräte mit Überzeilenrahmen - ein neuer Trend ?.- Die Winzer-Zeitschrift 2:29-30.
- PORTEN, M., KOHL, E. & S. HERMEN (2007): Bewässerungswürdigkeit einfach messen. - Die Winzer-Zeitschrift 4:51-52.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2007a): Wird die Scheibe das neue Bodenbearbeitungsgerät ?.- Die Winzer-Zeitschrift 4:44-45.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2007b): Neuheiten auf dem Scheibenmarkt.– Der Deutsche Weinbau 8:28-30.
- PORTEN, M. & L. HUBER (2008): Trends zu schlagkräftigen Maschinen und Geräten.– Der Deutsche Weinbau 2:34-35.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2014a): Mit Prallblech und Abzieher gegen die Erosion.– Der Winzer 9: 26 -29.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2014b): Enovitis in Campo- Innovationen.– Das Deutsche Weinmagazin 19: 18 -21.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2015a): Herbizidfrei- mit Bürsten gegen die Deikräuter.– Der Deutsche Weinbau 1: 38 -41.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2015b): Entdeckungen auf den Rheinhessischen Agrartagen in Nieder-Olm 2015.– Der Deutsche Weinbau 4: 12-17.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2015c): Kehraus im Weinberg- Unterstockbürstensysteme im Überblick.– Das Deutsche Weinmagazin 5: 26 -29.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2015d): Die Wunderscheibe- eine Erfolgsgeschichte geht weiter; Verbesserung des Systems durch den Einsatz der Kress-Fingerhacke.– Das Deutsche Weinmagazin 15: 21 -23.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2016 a): Nieder-Olm 2016- Im Zeichen der Rollhacke.– Der Deutsche Weinbau 5: 40-45.
- PORTEN, M. & D. REGNERY (2016b): Eine Vielfalt, die überraschte- Große Maschinenvorführung in Thörnich zum Thema Unterstockbewirtschaftung.– Das Deutsche Weinmagazin 23/24: 40-45.
- MÜLLER, E. (HRSG.), WALG, O. UND H. LIPPS (2008): Der Winzer.–Ulmer Verlag.

- REGNERY, D. (2013): Mit Lava und Co herbizidfrei gegen Beikräuter im Unterstockbereich.– Das Deutsche Weinmagazin 13: 11 -13.
- REGNERY, D. & M. PORTEN (2015): Unterstockbewirtschaftung einmal anders- Erfahrungen mit Unterstockbegrünungen.– Das Deutsche Weinmagazin 9: 10 -13.
- STRAUB, M. (2013): Es tut sich was im Unterstockbereich.– Der Badische Winzer 4: 40 -41.
- STRAUB, M. (2016): Mulchen, eggen oder bürsten: Verfahren zur Pflege im Unterstockbereich.– Das Deutsche Weinmagazin 11: 16 -20.
- SCHMID, J., MANTY, F., HUBER, L., PORTEN, M. & E.H. RÜHL (2005): Experience with rootstock varieties in Germany.- Proc. of the conference: Grapevine Rootstocks: Current use, research, and application, 5. February 2005, Osage Beach, USA: 14-24.
- UHL, W. (1997): Stockräumer- „Eisenwurm“ hat sich bewährt.– Das Deutsche Weinmagazin 23: 16- 18.
- UHL, W. (1999): Optische Sensoren am Weinbauchlepper.- Deutsches Weinbaujahrbuch 50: 165- 169.
- WALG, O. (1994): Unterstockbodenpflege im Weinbau.– Die Winzerzeitschrift 6: 24- 26.
- WALG, O. (2007): Weinbautechnik.– Fachverlag Fraund.
- WALG, O. (2016): Mechanische Unterstockpflege, Teil 1: Viele Möglichkeiten, aber auch Grenzen. Teil 2: Erfahrungen im Praxiseinsatz.– Das Deutsche Weinmagazin 4: 12-15, 5: 13-15.
- WEINMANN, E. (2014): Unterstockbodenbearbeitung mit Scheibenpflügen: Unterm Stock geht es nicht nur rund.– Der Badische Winzer 2: 17- 20.
- WEINMANN, E. (2015a): Unterstockbodenbearbeitung- Scheibenpflüge richtig einstellen.– Der Badische Winzer 2: 21- 23.
- WEINMANN, E. (2015b): Mehr Luft und Aktivität für den Unterstockboden.– Der Deutsche Weinbau 1: 21- 23.
- WEISSENBACH, P. & P. MEIER (1998): Mechanische Unterstockgeräte.– Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 16: 431- 432.
- WÖHRLE, A. & B. FADER (2003): Unterstockbearbeitung im Ökoweinbau.– Der Deutsche Weinbau 10: 16-18.
- ZUBERER, E. (1997): Siegwaldmulcher bringt echte Verbesserung. – Der Badische Winzer 9: 24- 25.
- ZUBERER, E. (2004): Die mechanische Unterstockbodenpflege.– Der Badische Winzer 11: 24-27.
- ZUBERER, E. (2009): Mit der Scheibe auch unter den Stock.– Der Badische Winzer 6: 21- 23.