

Institut für Technik  
der Hochschule Geisenheim

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eva Vollmer

# Entwicklung und Bewertung neuer Pflanzenschutzverfahren für den Weinbau in Steillagen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr.agr.)

1. Gutachter: Prof. Dr. H.-P. Schwarz  
2. Gutachter: Prof. Dr. B. Honermeier  
Vorgelegt von: Eva Vollmer aus Mainz-Ebersheim  
Vorgelegt am: 07.03.2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>15</b>
<b>2 Literaturübersicht Pflanzenschutz im Steillagenweinbau .....</b>	<b>17</b>
2.1 Führungsgrößen im Weinbau .....	17
2.1.1 Politische Positionierung zum Steillagenweinbau .....	17
2.1.2 Arbeitswirtschaftliche Führungsgrößen.....	19
2.1.3 Gesetzliche Führungsgrößen.....	21
2.1.4 Qualitätssicherungssysteme nach Vorgaben des LEH ...	25
2.2 Weinbau in Steillagen.....	26
2.2.1 Definition von Steillagen .....	26
2.2.2 Verbreitung und Bedeutung .....	26
2.2.3 Flächenorganisation und Anbaumethoden .....	27
2.2.4 Problematik des Steillagenweinbaus .....	30
2.2.5 Steillagenmechanisierung.....	32
2.3 Anforderungen an einen zeitgemäßen Pflanzenschutz .....	36
2.3.1 Zielobjekt Rebe.....	36
2.3.2 Schaderreger im Deutschen Weinbau .....	39
2.3.3 Sachgerechte Pflanzenschutzdurchführung .....	41
2.3.4 Anforderungen an die Gerätetechnik .....	46
2.3.5 Gebläsebauarten im Weinbau .....	48
2.3.6 Ökologische Aspekte .....	51
2.3.7 Angewandte Messmethoden .....	53
2.4 Applikationstechnik in unterschiedlichen Weinbergsgeländen ....	54
2.4.1 Pflanzenschutz im Direktzug.....	54
2.3.3 Pflanzenschutz im Seilzug .....	56
<b>3 Literaturübersicht zur Pflanzenschutzerhebung.....</b>	<b>61</b>
<b>4 Material und Methoden der Feldversuche.....</b>	<b>67</b>
4.1 Versuchspartzellen .....	67
4.2 Witterungsbedingungen der Freilandversuche .....	70
4.3 Trägerfahrzeuge .....	71
4.4 Weinbausprühgeräte .....	75
4.4.1 Referenzgebläse: Wanner SZA 24 .....	75
4.4.2 Testgebläse Prototyp: KMS-Rinklin .....	75
4.4.3 RMS-Sprühgerät: Lochmann G24 .....	76

4.4.4	RMS-Sprühgerät: Niko TS 9/90 .....	77
4.4.5	SMS-Sprühgerät: Zupan ZM 100 ME EN.....	77
4.4.6	Standard-Überzeilengebläse: Wanner GR 56.....	78
4.4.7	Recyclingtechnik: Lipco GSG .....	78
4.4.8	Leichtbauweise: Tecnomat Vectis .....	78
4.5	Indikatoren der Applikationsqualität.....	81
4.5.1	Leistungsbedarf .....	81
4.5.2	Luftstromgeometrie.....	83
4.5.3	Tropfengrößenmessung mittels Laserdiffraktion.....	85
4.5.4	Vertikalverteilung im Stand .....	87
4.5.5	Vertikalverteilung während der Fahrt .....	89
4.5.6	Blattbelagsmessung bei Reben .....	90
4.5.7	Penetrationsmessstand .....	98
4.5.8	Luftstromgeometrie nach Messstand-Penetration .....	101
4.5.9	Luftstromgeometrie nach Laubwand-Penetration .....	101
4.5.10	Messung der sedimentativen Abdrift.....	102
4.6	Fluoreszenzspektrometrische Auswertung.....	105
<b>5</b>	<b>Material und Methoden der Pflanzenschutzumfrage .....</b>	<b>110</b>
5.1	Konstruktion der Online-Umfrage .....	110
5.2	Strukturierung des Fragebogens.....	112
5.3	Online Feedback System zur Datenerhebung.....	115
5.4	Pretest.....	116
5.5	Durchführung Online-Umfrage .....	116
5.6	Programm zur Auswertung der Online-Umfrage .....	118
5.7	Transformation der Excel <sup>TM</sup> Daten in SPSS®.....	118
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der Feldversuche .....</b>	<b>120</b>
6.1	Leistungsbedarf.....	120
6.2	Luftstromgeometrie.....	122
6.3	Tropfengröße.....	134
6.4	Vertikalverteilung im Stand und während der Fahrt.....	136
6.5	Blattbelag .....	141
6.5.1	Blattbelag im Spalier.....	141
6.5.2	Blattbelag im Minimalschnitt .....	155
6.6	Penetrationsverhalten.....	158
6.7	Luftstromprofil nach Penetration.....	163
6.8	Sedimentative Abdrift .....	168
<b>7</b>	<b>Ergebnisse der Pflanzenschutzumfrage .....</b>	<b>170</b>
7.1	Feldzeitbericht .....	170
7.2	Güte der Stichprobe .....	171
7.3	Prüfung der Eingangsthesen .....	174

---

<b>8</b>	<b>Diskussion der Feldversuche .....</b>	<b>189</b>
8.1	Methoden zur Bewertung der Applikationsqualität .....	189
8.2	Bewertung der neu entwickelten Gebläsetechnologie .....	200
8.3	Zukunftschancen der untersuchten Pflanzenschutzgeräte .....	210
8.4	Multifunktionales Trägerfahrzeug für den Steillagenweinbau ....	212
<b>9</b>	<b>Diskussion der Pflanzenschutzumfrage .....</b>	<b>214</b>
9.1	Methoden der Umfrage.....	214
9.2	Ergebnisse der Umfrage.....	217
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>223</b>
<b>11</b>	<b>Summary.....</b>	<b>226</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>229</b>

# Abkürzungsverzeichnis

AFP	Agrarinvestitionsförderprogramm
AKh	Arbeitskraftstunden
Aqua dest.	Destilliertes Wasser
AVI	Albuz Flachstrahl Injektordüse, 80° Spritzwinkel, Herstellerbezeichnung
BBA	Biologische Bundesanstalt Landwirtschaft und Forstwirtschaft
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BOS	Blattoberseite
BUS	Blattunterseite
E	Ebene
EU-VO	Europäische Verordnung
EW	Eckwert
Fa.	Firma
HSG	Hochschule Geisenheim, ehemals Forschungsanstalt Geisenheim
G24	Axialgebläse G24, Hersteller Firma Lochmann
GIS	Geo Informationssystem
GSG	Gebläse Sprühgerät mit Recyclingvorrichtung, Hersteller Firma Lipco
GWH	Grenzwerthäufigkeit
ha	Hektar
IFS	International Food Standard
JKI	Julius Kühn Institut
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
MVD	Mittlerer volumetrischer Tröpfchendurchmesser
MW	Mittelwert
Piwi	Pilzwiderstandfähige Rebsorte
PSM	Pflanzenschutzmittel
RLP	Rheinland-Pfalz
RMS	Raupen-Mechanisierungssystem
SMS	Seilzug-Mechanisierungssystem
SMS- Gebläse	Seilzug-Mechanisierungssystem mit Sprühgebläse des Herstellers Zupan
StGT	Steillagen Geräteträger
UV	Ultraviolettes Licht
VV	Vertikalverteilung
WG	Windgeschwindigkeit
Z	Zone
ZA 24	Axialgebläse Wanner ZA 24
ZA 28	Axialgebläse Wanner ZA 28
ZW	Zapfwelle

# Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b>	Gesamtarbeitszeiten im Weinbau in AKh ha <sup>-1</sup> getrennt nach Direkt- und Seilzuglagen.....	20
<b>Tab. 2:</b>	Angewandte Methoden zur Charakterisierung der Applikationsqualität unterschiedlicher Sprühgebläse im Weinbau.....	53
<b>Tab. 3:</b>	Verschiedene Höhenzonenmodelle zur Stichprobenentnahme bei der Blattbelagsmessung.....	94
<b>Tab. 4:</b>	Versuchsvarianten bei der Luftstromgeometrie nach Penetration.....	101
<b>Tab. 5:</b>	Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Bernkastel im Jahr 2010. ....	141
<b>Tab. 6:</b>	Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Geisenheim im Jahr 2011. ....	143
<b>Tab. 7:</b>	Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Bernkastel im Jahr 2012. ....	147
<b>Tab. 8:</b>	Vergleich aller Blattbelagsmessungen im Spalier der Jahre 2010 bis 2012 mit den dazugehörigen Streuwerten anhand der Variationskoeffizienten (VK) und Grenzwerthäufigkeiten (GWH). Getrennt aufgeführt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Angaben der Zapfwellendrehzahlen beim Sprühen in n = min <sup>-1</sup> .....	153
<b>Tab. 9:</b>	Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt: Geisenheim im Jahr 2012. ....	155
<b>Tab. 10:</b>	Versuchsspezifikation Penetrationsmessungen alle Varianten. ....	158
<b>Tab. 11:</b>	Prozentuale Penetration in vier Ebenen anhand der Mittelwerte der Laubwandzonen aller getesteten Gebläsevarianten (immer die rechte Seite und spezifische Zapfwellendrehzahlen).....	161
<b>Tab. 12:</b>	Bewertung unterschiedlicher Messverfahren der Luftstromprofile von Rinklin und ZA 28. In einem Datenvergleich wird die prozentuale Verminderung der Windgeschwindigkeit [WG] nach Durchdringung eines Zielobjektes im Vergleich zur WG des störungsfreien Luftstroms dargestellt.....	166
<b>Tab. 13:</b>	Mittlere Windgeschwindigkeiten (WG) und Luftvolumina aller Sprühergerätevarianten nach Messstandpenetration (nach Pen.) und die Vergleichswerte des Luftvolumens ohne durchströmten Körper (ohne Pen.).....	167
<b>Tab. 14:</b>	Feldzeitbericht der Praxisumfrage „Pflanzenschutzstrategien im Weinbau“.....	170
<b>Tab. 15:</b>	Herkunftsverteilung für deutsche Weinbaubetriebe. Darstellung der statistisch erhobenen Daten („Bund“) mit Bezug auf die amtlich erfassten landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland, die im Jahr 2010 Rebflächen bewirtschafteten (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011) im Vergleich zu den spezifischen Herkunftsangaben der Umfrageteilnehmer. Die Differenz zwischen amtlich erfassten und eigens erhobenen Daten ist als Abweichung [%] angegeben. ....	172
<b>Tab. 16:</b>	Anzahl der Weinbaubetriebe der rheinland-pfälzischen Weinanbaugebiete aus amtlicher Erhebung (Statistisches Bundesamt RLP, 2011), verglichen mit der Gebietszugehörigkeit der Umfrageteilnehmer aus Rheinland-Pfalz.....	173
<b>Tab. 17:</b>	Ordnungssystem für die Zeilenbreiten der Steillagenweinberge, die bei der Umfrageauswertung in Zeilenbreitenkategorien zusammengefasst wurden.....	176
<b>Tab. 18:</b>	Auswirkung der Gebläseart auf Oidium- und Peronosporabefall bei Minimalschnitt.....	179
<b>Tab. 19:</b>	Befallshäufigkeit bei Peronospora in Abhängigkeit zur Behandlungsstrategie.....	181
<b>Tab. 20:</b>	Drehzahl der Schleppergelenkwelle in Abhängigkeit von der Geländeform.....	182
<b>Tab. 21:</b>	Befall von Oidium und Peronospora in Abhängigkeit vom Steillagenapplikationssystem.....	184
<b>Tab. 22:</b>	Rekultivierungsabsicht im Falle einer besseren Mechanisierungslösung bezogen auf prozentualen Brachflächenanteil in Steillagenbetrieben.....	187

<b>Tab. 23:</b> Gegenüberstellung von Blattbelagsmassen und Penetrationsverhalten. Zusammenfassung der Versuche der Jahre 2010 bis 2012 und Minimalschnittversuche mit verschiedenen Zapfwellendrehzahlen. Die Belagsmassen werden nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) sortiert und die Penetration ist in vier Ebenen (E1 bis E4) dargestellt.....	204
<b>Tab. 24:</b> Strategische Wahl der Feldzeit einer Umfrage für Weinbauunternehmen. ....	215
<b>Tab. A1:</b> Kodierung der Fragestellungen zur Pflanzenschutzumfrage in Variablenlabels, Fragen 1 18. ....	252
<b>Tab. A2:</b> Kodierung der Fragestellungen zur Pflanzenschutzumfrage in Variablenlabels, Fragen 19 39. ....	253
<b>Tab. A3:</b> Kodierung der Antwortmöglichkeiten zur Pflanzenschutzumfrage in Wertelabels, Teil 1. ....	254
<b>Tab. A4:</b> Kodierung der Antwortmöglichkeiten zur Pflanzenschutzumfrage in Wertelabels, Teil 2. ....	255
<b>Tab. A5:</b> Kodierung der Fragen mit mehr als acht Antwortmöglichkeiten in Wertelabels. ....	256
<b>Tab. A6:</b> Anbaugbiettspezifische Gliederung der Umfrageteilnehmer in Direktzug- und Steilhangbetriebe. ....	257
<b>Tab. A7:</b> Exemplarischer Excel-Auswertungsbogen der Blattbelagsmessungen anhand des 2-Zonen-Modells mit photometrischen Skalenmesswerten und daraus generierten Belagsmassen in $\mu\text{g cm}^2$ (Ausschnitt). Unten sind die Mittelwerte (MW) und die daraus gebildeten Variationskoeffizienten (VK) für Zone 1 und Zone 2 angegeben. ....	263
<b>Tab. A8:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe: „Mosel 2010“, n = 100 je Blattseite. ....	264
<b>Tab. A9:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe: „Geisenheim 2011“, n = 100 je Blattseite. ....	264
<b>Tab. A10:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe „Geisenheim 2012“, n = 120 je Blattseite. ....	265
<b>Tab. A11:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe „Geisenheim Minimalschnitt 2012“, n = 90 je Blattseite. ....	265
<b>Tab. A12:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung bei Gerätemessungen mit differierendem Untersuchungszeitpunkt. Das Rinklingerät mit einer Zapfwellendrehzahl von $450 \text{ min}^{-1}$ (Rin_450) und die STGT-Varianten mit vier oder fünf Fächern werden auf Grund der übereinstimmenden Läuferdrehzahl als gleichwertige Geräte gegenüber gestellt. ....	266
<b>Tab. A13:</b> Penetrationsverhalten bei Rinklin, G24, SMS und ZA24 gegliedert nach Durchdringungsebene (E1 bis E4) und Messhöhe (h1 bis h8) in % zum Gesamtaufwand. ....	266
<b>Tab. A14:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit des Penetrationsverhaltens von Rinklin, G24, SMS und ZA 24. ....	267
<b>Tab. A15:</b> Penetrationsverhalten bei Rinklin, SMS, und ZA28 gegliedert nach Durchdringungsebene (E1 bis E4) und Messhöhe (h1 bis h8) in % zum Gesamtaufwand. ....	268
<b>Tab. A16:</b> Mit dem t-Test berechnete p-Werte zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit des Penetrationsverhaltens von ZA 24, G24, SMS und ZA28. ....	268

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Bestockte Steillagen-Rebflächen 1999-2009 in Rheinland-Pfalz (Quelle: Statistisches Landesamt RLP, 2009). .....	31
<b>Abb. 2:</b>	Einkommenslage von Weinbaubetrieben ausgewählter Anbauggebiete in den Jahren 2008 und 2009 (Quelle: Agrarbericht, 2010).....	32
<b>Abb. 3:</b>	Entlaubungsstrategien in Deutschen Weinbaubetrieben.....	37
<b>Abb. 4:</b>	Gebläsestufenwahl beim Pflanzenschutzgerät nach den Angaben repräsentativer Weinbaubetriebe.....	44
<b>Abb. 5:</b>	Vertikale Luftverteilung eines Axialgebläses des Typs SZA 24, Wind- geschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite.....	51
<b>Abb. 6:</b>	Vertikale Luftverteilung eines Radialgebläses des Typs GR 40, Wind- geschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite.....	51
<b>Abb. 7:</b>	Vertikale Luftverteilung eines Tangentialgebläses des Typs Weber, Wind- geschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite.....	51
<b>Abb. 8:</b>	Vertikale Luftverteilung eines Radialgebläses des Typs PSV 30 nach Diffusorprin- zip, Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite. ....	51
<b>Abb. 9:</b>	Verteilung der Gebläsearten für den Pflanzenschutz in Direktzugbetrieben.....	54
<b>Abb. 10:</b>	Pflanzenschutzsysteme im deutschen Steillagenweinbau. Bei Nennung weiterer Systeme für den Pflanzenschutz neben der Hauptmechanisierungsart wird der Begriff „Kombi“ verwendet. Die Rückenspritze (Rücken) wird dem gezogenen Spritzschlauch (Schlauch) gleichgesetzt. RMS-Geräte werden oftmals vom Lohn- unternehmer (Lohn) oder alternativ vom eigenen Unternehmen (Eigen) betrieben. .	57
<b>Abb. 11:</b>	Versuchsparzelle "Blattbelag steil" Mosel (Quelle: Google Earth).....	68
<b>Abb. 12:</b>	Versuchspartzen "Blattbelag eben" (gelb), „Blattbelag Minimal" (rot) (Quelle: Google Earth). .....	69
<b>Abb. 13:</b>	Versuchsparzelle "Abdrift" (rot) mit angrenzender Freifläche (gelb).....	70
<b>Abb. 14:</b>	Konstruktionszeichnung Steillagengeräteträger mit Rinklingebläse.....	72
<b>Abb. 15:</b>	Schmalspurschlepper Fendt 211 V Vario TMS.....	73
<b>Abb. 16:</b>	Knicklenkerschlepper Carraro SRX 8400.....	73
<b>Abb. 17:</b>	Steilhang-Mechanisierungssystem (SMS) Firma Obrecht.....	74
<b>Abb. 18:</b>	Raupen-Mechanisierungssystem (RMS) Geier 60 TLY.....	74
<b>Abb. 19:</b>	Vergleichsstandard: Das vielfach in der Praxis verwendete ZA 24 Sprühgebläse...	79
<b>Abb. 20:</b>	Rinklin Seriensprühgebläse.....	80
<b>Abb. 21:</b>	Lochmann G24 Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 22:</b>	Niko TS 9/90 Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 23:</b>	SMS "Zupan" Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 24:</b>	Wanner GR 56 Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 25:</b>	Lipco GSG-Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 26:</b>	Tecnomat Vectis Sprühgebläse.....	80
<b>Abb. 27:</b>	Walterscheid Drehmomentmesswelle.....	83
<b>Abb. 28:</b>	Signalwandler und Messcomputer zur Ermittlung des Leistungsbedarfes von Sprühgeräten.....	83
<b>Abb. 29:</b>	Luftstrommessstand.....	84
<b>Abb. 30:</b>	Viergliedrige Messsequenz des Ultraschallsensors „Ultrasonic Anemometer 2D“ ...	84
<b>Abb. 31:</b>	Messstand zur Tropfengrößenbestimmung.....	86
<b>Abb. 32:</b>	Einzeldüsenprüfstand.....	88
<b>Abb. 33:</b>	Vertikalverteilungsmessstand.....	88
<b>Abb. 34:</b>	Aufbau der Freilandversuche zur Vertikalverteilung während der Fahrt.....	90
<b>Abb. 35:</b>	Probenselektion bei den Versuchen zur Vertikalverteilung während der Fahrt.....	90

<b>Abb. 36:</b> Abwaschstation der Blattstichproben bei der Belagsmessung. ....	93
<b>Abb. 37:</b> Überführen des Tracerstoffes von der Blattoberfläche ins flüssige Medium. ....	93
<b>Abb. 38:</b> Höhendifferenzierte Stichprobenentnahme bei Blattbelagsmessungen im Spalier... 94	94
<b>Abb. 39:</b> 2-Zonen-Modell zur Teilung der Laubwand in Trauben- und Gipfelzone. ....	94
<b>Abb. 40:</b> Stichprobenentnahmezonen bei Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt. ....	95
<b>Abb. 41:</b> Stichprobenentnahme in der Laubdachzone bei Minimalschnitt. ....	95
<b>Abb. 42:</b> Schematische Darstellung des Penetrationsmessstandes. ....	99
<b>Abb. 43:</b> Penetrationsmessstand. ....	99
<b>Abb. 44:</b> Durchführung der Penetrationsmessung. ....	100
<b>Abb. 45:</b> Luftmessung nach Messstandpenetration bei dem Sprühgerät ZA 28. ....	102
<b>Abb. 46:</b> Versuchsaufbau bei Luftmessungen nach Laubpenetration. ....	102
<b>Abb. 47:</b> Anordnung der Probengefäße bei Abdriftmessungen als Luftbildaufnahme. ....	104
<b>Abb. 48:</b> Versuchsfeld der Abdriftmessung und gestaffelte Entfernung der Probengefäße zur Behandlungsfläche bei 3, 5, 10, 15 und 20 m. ....	104
<b>Abb. 49:</b> Die Molekülstruktur des Fluoreszenzfarbstoffes „Brillantsulfoflavin“ (BSF). ....	106
<b>Abb. 50:</b> Rüttelband zur Farbstoffauswaschung der kontaminierten Rundfilter nach Penetrationsmessungen. ....	107
<b>Abb. 51:</b> Probenaufbereitung der Farbstofflösungen für die Messung mit dem Photometer. ....	107
<b>Abb. 52:</b> Lumineszenz-Spektrometer Typ LS 30. ....	109
<b>Abb. 53:</b> Leistungsbedarfkurve des Rinklin Seriensprühgeräts bei verschiedenen Zapfwellendrehzahlen. ....	120
<b>Abb. 54:</b> Leistungsbedarf aller getesteten Sprühgebläse je Geräteteilbreite bei Zapfwellendrehzahlen von 540 min <sup>-1</sup> und 400 min <sup>-1</sup> . ....	121
<b>Abb. 55:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 1“ (2009) mit drei Fächern bei einer Gebläsedrehzahl von 3518 min <sup>-1</sup> und einer Öldurchflussmenge von 30 L min <sup>-1</sup> . ....	123
<b>Abb. 56:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 2“ (2010) mit vier Fächern und geraden Abschlussfächern bei einer Gebläsedrehzahl von 3400 min <sup>-1</sup> und einer Öldurchflussmenge von 32 L min <sup>-1</sup> . ....	124
<b>Abb. 57:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 3“ (2010) mit großem Gehäuse bei einer Gebläsedrehzahl von 3440 min <sup>-1</sup> und einer Öldurchflussmenge von 31 L min <sup>-1</sup> . ....	124
<b>Abb. 58:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 4“ (2010) mit Hochdruckradiator und konischem Luftleitschacht bei einer Gebläsedrehzahl von 2800 min <sup>-1</sup> und einer Öldurchflussmenge von 24 L min <sup>-1</sup> . ....	125
<b>Abb. 59:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ (2011) mit Hochdruckradiator und konischem Luftleitschacht bei einer Gebläsedrehzahl von 2840 min <sup>-1</sup> und einer Zapfwellendrehzahl von 540 min <sup>-1</sup> . ....	125
<b>Abb. 60:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ mit einer Zapfwellendrehzahl von 350 min <sup>-1</sup> . ....	126
<b>Abb. 61:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ mit einer Zapfwellendrehzahl von 450 min <sup>-1</sup> . ....	126
<b>Abb. 62:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) beim SMS mit maximaler Zapfwellendrehzahl. .	127
<b>Abb. 63:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) beim SMS mit maximaler Zapfwellendrehzahl. .	127

<b>Abb. 64:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläsesseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Geier G24 mit einer Zapfwellendrehzahl von $640 \text{ min}^{-1}$ .	127
<b>Abb. 65:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläsesseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Geier G24 mit einer Zapfwellendrehzahl von $640 \text{ min}^{-1}$ .	127
<b>Abb. 66:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläsesseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Nico TS 9/90 mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	128
<b>Abb. 67:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläsesseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Nico TS 9/90 mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	128
<b>Abb. 68:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (Innenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Wanner GR 56 mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	129
<b>Abb. 69:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (Außenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Wanner GR 56 mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	129
<b>Abb. 70:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (Innenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Tecnoma Vectis mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	129
<b>Abb. 71:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (Außenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Tecnoma Vectis mit einer Zapfwellendrehzahl von $540 \text{ min}^{-1}$ .	129
<b>Abb. 72:</b> Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläsesseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumens (Vol) bei Lipco GSG mit einer Öldurchflussmenge von $20 \text{ L min}^{-1}$ .	130
<b>Abb. 73:</b> Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens der Entwicklungsstufen der Rinklinprühgeräte bei unterschiedlichen Öldurchflussmengen der Prototypen (in $\text{L min}^{-1}$ ) bzw. steigenden Zapfwellendrehzahlen ( $n = \text{min}^{-1}$ ) der Rinklin Serienversion.	131
<b>Abb. 74:</b> Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens aller getesteten Pflanzenschutzgeräte.	132
<b>Abb. 75:</b> Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens der untersuchten Überzeilensprühgeräte bei getrennter Betrachtung der Innen- und Außenteilbreiten.	132
<b>Abb. 76:</b> Tropfenspektrum der Injektordüse Albus AVI 80 02 bei unterschiedlichen Druckstufen.	135
<b>Abb. 77:</b> Tropfenspektrum der Injektordüse Albus AVI 80 015 bei unterschiedlichen Druckstufen.	135
<b>Abb. 78:</b> Düsenkennwerte von Albus AVI 80 015 und AVI 80 02 bei einem Arbeitsdruck von 8,5 bar.	135
<b>Abb. 79:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: $350 \text{ min}^{-1}$ .	136
<b>Abb. 80:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: $450 \text{ min}^{-1}$ .	136
<b>Abb. 81:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: $540 \text{ min}^{-1}$ .	136
<b>Abb. 82:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: $350 \text{ min}^{-1}$ .	137
<b>Abb. 83:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: $450 \text{ min}^{-1}$ .	137

<b>Abb. 84:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem Rinklingebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> .....	137
<b>Abb. 85:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem ZA24-Gebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> .....	137
<b>Abb. 86:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem ZA24-Gebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> .....	137
<b>Abb. 87:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem SMS-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.....	138
<b>Abb. 88:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem SMS-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.....	138
<b>Abb. 89:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem G24-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.....	138
<b>Abb. 90:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem G24-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.....	138
<b>Abb. 91:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem TS 9/90-Gebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> .....	139
<b>Abb. 92:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem TS 9/90-Gebläse. Zapfwellendrehzahl: 400 min <sup>-1</sup> .....	139
<b>Abb. 93:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem TS 9/90-Gebläse. Zapfwellendrehzahl: 400 min <sup>-1</sup> .....	139
<b>Abb. 94:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem GSG-Gebläse. Öldurchflussmenge: 20 L min <sup>-1</sup> .....	140
<b>Abb. 95:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei stehendem Tecnoma-gebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> .....	140
<b>Abb. 96:</b> Flüssigkeitsvertikalverteilung bei fahrendem Tecnomagebläse. Zapfwellendrehzahl: 540 min <sup>-1</sup> . Getrennt nach Innenteilbreite (innen) und Außenteilbreite (außen). .....	140
<b>Abb. 97:</b> Blattbeläge Versuchsreihe Bernkastel 2010 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). SMS und G24 (RMS) mit maximaler Drehzahl, ZA 24 bei 540 min <sup>-1</sup> und Rinklin Typ 4 mit einer analogen Öldurchflussmenge. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.....	141
<b>Abb. 98:</b> Variationskoeffizienten Versuchsreihe Bernkastel 2010 getrennt nach Blattober- seite (BOS) und Blattunterseite (BUS). SMS und G24 (RMS) mit maximaler Dreh- zahl, ZA 24 bei 540 min <sup>-1</sup> und Rinklin Typ 4 mit einer analogen Öldurchflussmenge. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.....	142
<b>Abb. 99:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Bernkastel 2010 .....	143
<b>Abb. 100:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Bernkastel 2010 .....	143
<b>Abb. 101:</b> Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Die Zapfwellendrehzahl des Rinklingerätes liegt bei 350 min <sup>-1</sup> , 450 min <sup>-1</sup> und 540 min <sup>-1</sup> . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. .	144
<b>Abb. 102:</b> Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Die Zapfwellendrehzahl von Tecnoma (Tec), ZA 24 und Rinklin liegt bei 540 min <sup>-1</sup> . Die Darstellung des überzeiligen Tecnomagerätes erfolgt getrennt nach Außenteilbreite (außen) und Innenteilbreite (innen). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.....	145
<b>Abb. 103:</b> Variationskoeffizienten Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattober- seite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Zapfwellendrehzahl von Tecnoma (Tec) und ZA 24 bei 540 min <sup>-1</sup> , Rinklin in drei Drehzahlstapelungen mit 350 min <sup>-1</sup> , 450 min <sup>-1</sup> und 540 min <sup>-1</sup> . Die Darstellung des überzeiligen Tecnomagerätes erfolgt getrennt nach Außenteilbreite (außen) und Innenteilbreite (innen). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.....	145

<b>Abb. 104:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2011.....	146
<b>Abb. 105:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2011.....	146
<b>Abb. 106:</b> Schematische Darstellung der Sprühversuche mit dem StGT. Die Laubwand wird in sechs Zonen (Z1 bis Z6) unterteilt und die Probenentnahme erfolgt an der gekennzeichneten Laubwandseite. Die roten Kreuze markieren die versiegelten Fächer für die 4-Fächervariante. ....	147
<b>Abb. 107:</b> Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Als RMS Kontrollgerät wird G24 mit maximaler Zapfwelldrehzahl betrieben. Die StGT-Varianten sprühen mit $450 \text{ min}^{-1}$ . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	148
<b>Abb. 108:</b> StGT mit Rinklinsprühaggregat. ....	149
<b>Abb. 109:</b> Blattbelagsversuche mit dem StGT.....	149
<b>Abb. 110:</b> Vergleich der Blattbelagsmassen getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) beim RMS (Typ G24) an unterschiedlichen Versuchsterminen zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit von Blattbelagsmessungen. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	149
<b>Abb. 111:</b> Variationskoeffizienten Versuchsreihe Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Das RMS sprühte an zwei unterschiedlichen Versuchsterminen. Am 25.07.2012 wurden das RMS und die beiden StGT-Varianten (4-Fächer- und 5-Fächergerät) gemeinsam gemessen. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	150
<b>Abb. 112:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2012.....	150
<b>Abb. 113:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2012.....	150
<b>Abb. 114:</b> Blattbelagsmassen des StGT's als 5-Fächerversion getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Hauptzone I = Traubenzone, Hauptzone II = Gipfelzone. Eine höhere vertikale Auflösung der Laubwand bieten die ebenfalls aufgeführten Zonen 1 bis 6. ....	151
<b>Abb. 115:</b> Blattbelagsmassen des StGT's als 4-Fächerversion getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Hauptzone I = Traubenzone, Hauptzone II = Gipfelzone. Eine höhere vertikale Auflösung der Laubwand bieten die ebenfalls aufgeführten Zonen 1 bis 6. ....	151
<b>Abb. 116:</b> Vergleich der Blattbelagsmassen getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) der StGT-Varianten gegenüber der drehzahlanalogen Rinklin Serienversion mit $450 \text{ min}^{-1}$ . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.....	152
<b>Abb. 117:</b> Blattbeläge Versuchsreihe Minimalschnitt Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Rinklin Serie und ZA 24 werden mit der Standardzapfwelle ( $540 \text{ min}^{-1}$ ) und verminderter Drehzahl ( $400 \text{ min}^{-1}$ ) betrieben. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone, Zone III = Laubdachzone.....	155
<b>Abb. 118:</b> Variationskoeffizienten Versuchsreihe Minimalschnitt Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Rinklin Serie und ZA 24 werden mit der Standardzapfwelle ( $540 \text{ min}^{-1}$ ) und verminderter Drehzahl ( $400 \text{ min}^{-1}$ ) betrieben. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone, Zone III = Laubdachzone.....	156
<b>Abb. 119:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche Minimalschnitt Geisenheim 2012.....	157
<b>Abb. 120:</b> Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche Minimalschnitt Geisenheim 2012.....	157

<b>Abb. 121:</b> Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen. Die Zapfwellendrehzahl (ZW) des Rinklingerätes liegt bei 350 min <sup>-1</sup> , 450 min <sup>-1</sup> und 540 min <sup>-1</sup> . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone .....	159
<b>Abb. 122:</b> Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen. Die Zapfwellendrehzahl von ZA 24 und Rinklin beträgt 540 min <sup>-1</sup> . RMS und SMS werden bei maximaler Drehzahl betrieben. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	159
<b>Abb. 123:</b> Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen beim RMS-Gerät G24 (beide Gebläseseiten). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	160
<b>Abb. 124:</b> Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen beim SMS-Gerät (beide Gebläseseiten). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone. ....	160
<b>Abb. 125:</b> Penetrationsindexe aller getesteten Sprühgeräte. Rinklin Serie und die Wanner ZA Gebläseserie wurde bei steigender Zapfwellendrehzahl analysiert. Bei SMS und RMS sind die linke und rechte Gebläseseite und der Mittelwert beider Gebläseseiten (MW: l/r) separat dargestellt.....	161
<b>Abb. 126:</b> Penetrationsverhalten von ZA 28 mit einer Differenz der Messtermine von vier Wochen (Termin 1: 24.01.2012, Termin 2: 22.02.2012). ....	162
<b>Abb. 127:</b> Penetrationsverhalten von ZA 24 mit einer Differenz der Messtermine von zwölf Jahren (Termin 1: 15.08.2000, Termin 2: 11.01.2012). ....	162
<b>Abb. 128:</b> Luftprofile Rinklin ohne Durchdringungswiderstand („störungsfrei“) und nach Penetration durch künstliche oder natürliche Hindernisse. Oben 350 min <sup>-1</sup> , Mitte 450 min <sup>-1</sup> , unten 540 min <sup>-1</sup> . ....	164
<b>Abb. 129:</b> Luftprofile ZA28 ohne Durchdringungswiderstand („störungsfrei“) und nach Penetration durch künstliche oder natürliche Hindernisse. Zapfwellendrehzahl: Oben 450 min <sup>-1</sup> ; Gebläsestufe 1, Mitte 540 min <sup>-1</sup> ; Gebläsestufe 1, unten 540 min <sup>-1</sup> ; Gebläsestufe 2. ....	164
<b>Abb. 130:</b> Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit nach Durchdringung der Laubwand mit unterschiedlichen Drehzahlen bei Rinklin Serie. ....	165
<b>Abb. 131:</b> Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit nach Durchdringung der Laubwand mit unterschiedlichen Drehzahlen und Gebläseschaltstufen (Stufe 1 oder Stufe 2) bei ZA 28. ....	165
<b>Abb. 132:</b> Durchschnittliche Windgeschwindigkeit (WG) von Rinklin und ZA 28 bei unterschiedlichen Zapfwellendrehzahlen und Gebläsestufen anhand verschiedener Messverfahren: Als störungsfreier Luftstrom (SOLO) und nach Durchdringung eines Messstandes (Penetration) oder einer Laubwand. ....	166
<b>Abb. 133:</b> Abdrifteckwerte (EW) im Vergleich zu Messwerten (MW) der Sprühgeräte Rinklin Serie, Lipco GSG und Wanner ZA 24 bei 3-reihiger bzw. 2-reihiger einseitiger Behandlung der Außenzeilen. ....	169
<b>Abb. 134:</b> Abdrifteckwerte (EW) im Vergleich zu Messwerten (MW) der Sprühgeräte Rinklin Serie und Lipco GSG bei 1-reihiger einseitiger Behandlung der Außenzeile. ....	169
<b>Abb. 135:</b> Verteilung der Direktzugbetriebe gegenüber den Steillagenbetrieben bezogen auf die Pflanzenschutzumfrage. ....	174
<b>Abb. 136:</b> Betriebsflächengrößen in Abhängigkeit von Direktzug- oder Steilhangbewirtschaftung. ....	175
<b>Abb. 137:</b> Erziehungssysteme in Weinbausteillagen. ....	176
<b>Abb. 138:</b> Ausprägung der Zeilenbreite in Steillagenbetrieben. Die Zeilenbreitenkategorien sind in Tabelle 17 als Maße [m] dargestellt. ....	177
<b>Abb. 139:</b> Art der Wirtschaftsweise in Steillagenbetrieben. ....	178
<b>Abb. 140:</b> Gebläsearten, die von den Umfrageteilnehmern bei Minimalschnittbewirtschaftung eingesetzt werden (Direktzug und Seilzug). ....	179
<b>Abb. 141:</b> Blattbelagsbildung beim Pflanzenschutz in Minimalschnitlanlagen anhand der subjektiven Betrachtung der befragten Weinbauunternehmer. ....	179

---

<b>Abb. 142:</b> Strategie der Zeilenbehandlung über die Vegetationszeit der Reben im Steilhang .....	180
<b>Abb. 143:</b> Flächenleistung der Steillagenpflanzenschutzsysteme an einem Achtstundearbeitstag. „Kombi“ bedeutet den Einsatz mehrerer Pflanzenschutzsysteme in einem Weinbaubetrieb .....	183
<b>Abb. 144:</b> Verwendung von Überzeilentechnik in Abhängigkeit von der Geländeform.....	183
<b>Abb. 145:</b> Mögliche Einsatzoption des Steillagengeräteträgers (StGT) im eigenen Betrieb nach Aussagen befragter Steillagenwinzer.....	185
<b>Abb. 146:</b> Subjektive Zukunftschancen des Steillagengeräteträgers (StGT) nach Aussagen befragter Steillagenwinzer.....	185
<b>Abb. 147:</b> Theoretische prozentuale Nutzbarkeit des Steillagengeräteträgers (StGT`s) auf Steilhangflächen befragter Winzer.....	185
<b>Abb. 148:</b> Pflanzenschutzalternativen nach Wegfall der luftseitigen Pflanzenschutzapplikation nach Aussagen befragter Steillagenwinzer. ....	186
<b>Abb. A1:</b> Luftprofile ZA 24 ohne Durchdringungskörper (störungsfrei) und nach dem Penetrationsmesstand: Oben 540 min <sup>-1</sup> Stufe 1, unten 540 min <sup>-1</sup> Stufe 2. ....	269
<b>Abb. A2:</b> Luftprofile ohne Durchdringungskörper (störungsfrei) nach dem Penetrationsmesstand: Oben SMS n_max_rechts, unten G24 n_max_rechts.....	269
<b>Abb. A3:</b> Exemplarische Aufzeichnung der Wetterstationdaten während der Abdriftmessungen. ....	270

# 1 Einleitung

Die über 2.000 Jahre alte Weinbautradition in den Steillagen entlang Deutscher Flusstäler hat eine große wirtschaftliche, soziale, ökologische und kulturelle Bedeutung. Mit der arbeitsintensiven manuellen Bewirtschaftung unter den Extrembedingungen im Hang können in Weinbaubetrieben jedoch selten kostendeckende Erlöse erzielt werden. Betriebsaufgaben und ein Ausweichen auf die Flachlagen im Direktzug sind die Folge. So kommt es zur zunehmenden Brachebildung (Verwilderung) von ehemals kultivierten, steilen Rebanlagen mit einem hohen qualitativen Potential. Im Jahre 1999 waren in Rheinland-Pfalz noch ca. 7.000 ha mit Steillagen bestockt. Diese Fläche reduzierte sich bis 2009 auf 5.200 ha (STATISTISCHES LANDESAMT RLP, 2010).

Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch einen steigenden Mechanisierungsgrad kann die Arbeitszeit im Steilhang von 1.000-2.500 auf 400-600 AKh ha<sup>-1</sup> herabsetzen (PORTEN und SCHWARZ, 2008). Im jahreszeitlichen Verlauf sind die größten Arbeitsspitzen des Weinbaus bei der Traubenernte (150-200 AKh ha<sup>-1</sup>) und dem Pflanzenschutz (10-20 AKh ha<sup>-1</sup>) zu sehen (KTBL, 2010).

Die Pflanzenschutzspritze ist das sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht bedeutendste Arbeitsgerät des Weinbaus. Besonders der Faktor Umwelt soll bei den Anwendungen zum Pflanzenschutz verstärkt berücksichtigt werden. Eine verlustminimierte Applikationstechnik mit geringst möglicher Abdrift und Bodenkontamination, die den Fokus auf das Zielobjekt Laubwand mit Traubenzone lenkt, wird auch seitens des Gesetzgebers gefordert. Im Jahr 2004 wurde hierzu das „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft vorgestellt (BMELV, 2004).

Die Geräteentwicklung zur Durchführung eines zielgerichteten und gleichzeitig effizienten Pflanzenschutzes in Weinbergsflächen, die im Direktzug bewirtschaftet werden, ist in den letzten Jahrzehnten stark vorangeschritten. Für die mit Maschinen durchgeführte Pflanzenschutzmittelapplikation in Weinbausteillagen stehen dagegen bislang nur Spezialgeräte mit einer niedrigen Schlagkraft, ungleichmäßiger Wirkstoffverteilung und hohen Abdriftwerten zur Verfügung, was nicht mehr den gestiegenen Anforderungen eines modernen Pflanzenschutzes entspricht. Durch luftseitige Hubschrauberspritzungen können hohe Flächenleistungen erzielt werden. Diese Methode wurde im Jahr 2012 gesetzlich verboten.

Daher besteht Bedarf an einem zielobjektorientierten, schlagkräftigen Pflanzenschutzgerät für den Steilhang, dessen Einsatz unter geologischen Extrembedingungen mit Steigungen über 40 % möglich ist.

Für die Entwicklung eines solchen Gerätes hat die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ein Verbundprojekt zur erweiterten Nutzung des Steillagenvollernters als Trägerfahrzeug für eine Pflanzenschutzereinheit in Leichtbauweise ausgeschrieben. Die Verbundpartner des Förderprojektes sind der Gerätehersteller Rinklin in Eschbach (Bau und Entwicklung des Trägerfahrzeugs und der Pflanzenschutzereinheit), das Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Mosel (Praxiseinsatz des Trägerfahrzeuges und Arbeitszeitmessungen), die Hochschule Geisenheim (Entwicklung und Leistungsanalyse des Pflanzenschutzgerätes) und das Julius Kühn Institut (Bewertung der biologischen Wirksamkeit der Sprühversuche).

Ziel dieser Arbeit ist die Bereitstellung einer steillagenkompatiblen Pflanzenschutztechnik, die eine Basis für die gezielte Applikation auf drei bis vier Rebzeilen bei nur einer Überfahrt liefert und gleichermaßen den modernen Anforderungen des Pflanzenschutzes gerecht wird. Zur Bewertung von Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Gesetzeskonformität, Applikationsqualität und Umweltverträglichkeit werden in einer vorangestellten Literaturlarbeit Parameter und Kenngrößen erarbeitet. Zum Einsatz in den Versuchen sollen ein neues dezentrales Radialgebläse in Leichtbauweise und zusätzliche potentiell geeignete Alternativsprühgebläse für die Adaption an den Steillagengeräteträger charakterisiert und mit in der Praxis etablierten einzeiligen Gebläsen aus dem Steilhang verglichen werden.

Neben einer beträchtlichen Arbeitszeitreduzierung durch die mehrzeilige Nutzung der Geräteträgerapplikationssysteme ist die qualitative Überprüfung einer Pflanzenschutzmaßnahme in der extensiven Reberziehungform des Minimalschnittsystems vorgesehen. Die Verbreitung dieser Anlageform mit einem Jahresarbeitszeitbedarf von nur 50–70 AKh ha<sup>-1</sup> (SCHULZ et al., 1997) in Hanglagen könnte einen herausragenden ökonomischen Fortschritt im Steillagenweinbau bedeuten.

Während der Erstellung dieser Arbeit sind viele interessante Fragestellungen bezüglich der aktuellen strategischen Vorgehensweisen und des resultierenden Behandlungserfolges im Pflanzenschutz aufgetreten. Eine deutschlandweit verbreitete Online-Umfrage in Weinbaubetrieben und die nach statistischer Auswertung erörterten Schlussfolgerungen für die Pflanzenschutzpraxis im Steilhang ist ein weiterer Bestandteil dieser Arbeit.

## 2 Literaturübersicht Pflanzenschutz im Steillagenweinbau

### 2.1 Führungsgrößen im Weinbau

Bei der Produktion von Trauben müssen betriebliche und rechtliche Führungsgrößen (Vorgaben) in die strategische Planung und Durchführung der notwendigen Bewirtschaftungsmaßnahmen integriert werden. Hierzu zählen im Speziellen ökologische, geologische, pflanzenbauliche, ökonomische, arbeitswirtschaftliche, politische und rechtliche Führungsgrößen (RÖHRICH, 2006).

In diesem Kapitel werden die wichtigsten betrieblichen und rechtlichen Führungsgrößen aufgezeigt, die derzeit auf die Weinbauunternehmen einwirken. Nach einem Überblick der politischen Hintergründe und einer arbeitswirtschaftlichen Betrachtung der Direkt- und Seilzuglagen sollen vor allem die rechtlichen Vorgaben in Form von Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen und die Auswirkungen für die operativen Tätigkeiten in der weinbaulichen Landnutzung, im Besonderen bei der Pflanzenschutzbehandlung, untersucht werden.

#### 2.1.1 Politische Positionierung zum Steillagenweinbau

Die in der neuen Europäischen Weinmarktreform geplante Aufhebung des Anbaustopps für Weinberge bis 2015 stellt ein erhebliches Gefahrenpotential für die Existenz von Weinbau in Steillagen dar. Der Wegfall der Rebpflanzrechte könnte einen Rückzug aus den wirtschaftlich instabilen Steillagen in die rentableren Direktzuglagen, ehemals für die Flächenlandwirtschaft vorgesehen, bedeuten.

Die deutsche Bundesregierung möchte aber mindestens bis 2018 an dem Erhalt der Rebpflanzrechte festhalten. Laut dem deutschen Weinbaupräsident WEBER (2010) sei eine Fortgeltung des EU-Pflanzrechtssystems über das Jahresende 2015 hinaus absolut erforderlich. Die Bundestagsabgeordnete KLÖCKNER nannte es ein gesamtgesellschaftliches Anliegen die Kulturlandschaft zu erhalten, aber dieser Erhalt sei von einzelwirtschaftlichen Aufwendungen der Steillagenwinzer abhängig. Seit der Weinmarktreform 2007 werden aus der ersten und zweiten Säule der Agrarpolitik Umstrukturierungsmaßnahmen von Steillagen mit 15.000 € ha<sup>-1</sup> gefördert. Es sind auch Verankerungen im EU-Bezeichnungsrecht zum Ursprungsschutz und zur Profilierung von Steillagen vorgesehen, um diese auf dem Etikett mit beispielsweise einem EU-Gütesiegel für Steillagen zu kennzeichnen. Auch die Ursprungs-

bezeichnung „Produkte aus Berggebieten“ ist auf Europäischer Ebene im Gespräch (KLÖCKNER, 2010). Politische Intensionen entfernen sich somit von rein ökonomischen und strukturellen Zielen und rücken nicht-ökonomische und gesellschaftliche Anforderungen stärker in den Vordergrund. Umweltschutz, Verbraucherschutz und Nachhaltigkeit sind der aktuelle Grundstock politischer Positionierung. Politisch initiierte Förderprogramme sehen die technologische Weiterentwicklung und Förderungen in Steillagengebieten vor. In diversen politischen Positionspapieren wird der Schutz der Weinbau-Steillagen thematisiert. Beispielsweise schreibt der aktuell geltende Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP aus dem Jahr 2010 vor, dass „Regionen [...] besonders benachteiligter Gebiete wie Berg-, Mittelgebirgs- und Steillagen [...] auch in Zukunft ausreichend bei der Förderung berücksichtigt werden müssen.“ (CDU, CSU und FDP, 2010).

Neben Fördermitteln für Umstrukturierungsmaßnahmen, dem Bau und der Sanierung von Trockenmauern und Initiativen für flächendeckende Bewässerungssysteme sind auch Förderungen zur Verfahrenstechnik vorgesehen. In einer Stellungnahme von DIRKSMEYER et. al (2005) zum Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP) in Deutschland heißt es, dass zur Förderung des Tourismus und des Erhaltes der Kulturlandschaft eine eigene Richtlinie entstanden sei, die mit Landes- und EU-Mitteln finanziert wird. Somit können seit 2004 Spezialmaschinen für Weinbausteillagen sowie moderne Techniken zur umweltschonenden Ausbringung von Flüssigmist und Pflanzenschutzmitteln gefördert werden. Dies ist ein Bestandteil des Förderkataloges der AFP-Förderungsgrundsätze des Rahmenplanes, deren Förderschwerpunkte auf „Verbesserung der Produktionsstruktur“ liegen.

Durchschnittlich sind die Maschinen für den Steilhang mit 27.000 € förderfähig. Die im Rahmen dieser Landesrichtlinie ebenfalls adressierten modernen Techniken zur umweltschonenden Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) hatte bislang praktisch kaum eine Bedeutung, da diese Technik seit 2002 den gleichen Anforderungen unterliegt wie die kleine Investition des AFP und dort ebenfalls gefördert wird (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2004).

Die notwendige betriebliche Investition in Spezialmaschinen kann erhebliche Einkommensauswirkungen für Steillagenwinzer haben. Mehr als zwei Drittel der 2000 bis 2004 durch staatliche Maschinenförderung unterstützte Winzer berichteten von einer erhöhten Schlagkraft durch Arbeitsrationalisierung und somit einer Freisetzung der Arbeitskapazität des Betriebsleiters, die in den wichtigen Betriebszweigen Marketing und Kellerwirtschaft qualitativ und gewinnbringend genutzt werden konnte.

Ebenfalls vollzieht sich eine Erhöhung der Produktqualität durch die termingenaue und verteilungspräzisere Fungizidapplikation moderner Pflanzenschutzverfahren (KNEBEL, 2009).

### 2.1.2 Arbeitswirtschaftliche Führungsgrößen

Von einem erfolgreichen landwirtschaftlichen Unternehmen wird ein hohes Maß an Produktivität gefordert. Die Ertragsproduktivität, bezogen auf die Fläche, auch Flächenproduktivität genannt, wird in  $\text{hL ha}^{-1}$  angegeben. Der Unternehmenserfolg ist jedoch nicht allein an der Flächenproduktivität, sondern präziser mit der Erfassung der Arbeitsproduktivität zu beurteilen. Die Arbeitsproduktivität errechnet sich aus der Flächenleistung bezogen auf den Einsatz menschlicher Arbeit als Angabe in  $\text{hL AK}^1$  (GÖBEL, 2005).

Die Arbeitsproduktivität ist in Weinbergen unterschiedlicher Steigungswinkel auf Grund der erschwerten Zugänglichkeit der Flächen und der verschiedenen Mechanisierungsstufen differenziert zu beurteilen. Das Ausmaß der benötigten Arbeitszeit pro Jahr und Hektar Rebfläche in unterschiedlichen Weinbergsgeländen zeigt Tab. 1. Die Daten wurden aus der aktuellen KTBL-Datensammlung (2010) entnommen und neu strukturiert. In den ersten beiden Tabellenspalten ist ein standardisierter Jahresverlauf einer Direktzug Ertragsanlage im Spalier, alternativ mit hoher und niedriger Mechanisierungsstufe, dargestellt. Die Zeilenlänge beträgt 100 m, die Gassenbreite liegt bei 1,80 m bis 2,20 m. Es wird eine Hof-Feldentfernung von einem Kilometer angenommen und die Flächengröße beträgt jeweils 0,2 Hektar. Die Steilhanganlagen verfolgen die Anbaustrategien „Pfahlerziehung“, manuell bewirtschaftete Drahtrahmenerziehung, sowie Raupenmechanisierung „RMS“. Die Parzellengröße aller Hanglagen liegt bei 0,1 ha, die Zeilenlängen umfassen 60 m. Bei „Pfahl“ beträgt die Zeilenbreite 1,60 m, im Spalier 2,00 m. Aus Tab. 1 geht hervor, dass die Arbeitsproduktivität in Steillagen generell deutlich geringer als im Direktzug anzusetzen ist. Während der Weinbau in der Ebene heute weitgehend mechanisiert ist, müssen die meisten Arbeiten in schlecht erschlossenen Steillagen noch manuell erledigt werden. Folglich ist der Arbeitszeitaufwand bei der Bewirtschaftung von Steillagen um ein Vielfaches höher als in der Ebene. Effizient betriebener Direktzugweinbau erfordert eine Arbeitsleistung von  $175 \text{ AKh ha}^{-1}$ , Weinberge der Einzelpfahlerziehung benötigen fast das 6,5-fache. Bei 1.700 verfügbaren Jahresarbeitszeitstunden eines angestellten Arbeitnehmers (vgl. HAUPT, 1997) und einem pauschalisierten Flächen-ertrag von  $105 \text{ hL ha}^{-1}$  „produziert“ ein Weinbergsarbeiter im Direktzug 1.019 hL

Wein (von 9,7 ha), bei Pfahlerziehung 160 hL Wein (von 1,5 ha) in einem Jahr. Eine Vollzeit-Familienarbeitskraft wird nach HAUPT zwar mit einer Jahresarbeitszeit von 2.380 Stunden deutlich höher bemessen, dies ändert jedoch nichts am siebenfachen Arbeitsaufwand im Steilhang.

**Tab. 1:** Gesamtarbeitszeiten im Weinbau in AKh ha<sup>-1</sup> getrennt nach Direkt- und Seilzuglagen (verändert nach KTBL, 2010).

Arbeitsgang	Direktzug „hohe Mechanisierung“	Direktzug „niedrige Mechanisierung“	Steillage „Pfahl“ Handarbeit	Steillage „Drahtrahmen“ Handarbeit	Steillage Drahtrahmen „RMS“
Grubbern (2 x)	4	4	42 (Sitzpflug)	38 (Sitzpflug)	8
Fräsen (1 x)	4	4	nicht möglich	nicht möglich	4
Tiefenlockerung	4	4	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich
Begrünungspflege/ Mulchen (3 x)	4,5	4,5	60 (Motorsense)	30 (chemisch)	6
Chemische Unkrautbekämpfung	2	8	11	11	2
Düngung (0,4 t/ha)	2	2	10 (manuell)	10 (manuell)	3
Rebschnitt	85	85	98 inkl. Aushub	130 inkl. Aushub	104 Vorschneider
Ausheben	2 (maschinell)	40 (manuell)	/	/	inkl.
Biegen	30	30	70	35	35
Häckseln	2	2	13 (Sitzpflug)	13 (Sitzpflug)	3
Ausbrechen	6 (maschinell)	15	22	22	6
Heften	4 (maschinell)	15 (manuell)	140 (Binden mit Bast)	38	5
Drähte ablegen	2 (maschinell)	7 (manuell)	/	7	7
Gipfeln	1,5 (überzeilig)	4 (einseitig)	146	120	6
Entblättern (einseitig)	5 (maschinell)	25 (manuell)	25	25	5
Pflanzenschutz (8 x)	11,2 (4 Teilbreiten)	19,2 (2 Teilbreiten)	153 (Schlauch)	153 (Schlauch)	12
Lese inkl. Abfuhr	6 (Vollernter)	205 (manuell)	314 (manuell)	314 (manuell)	275 (RMS- Transport)
<b>Weinberg gesamt AKh/ ha/a</b>	<b>175,2</b>	<b>491,7</b>	<b>1113</b>	<b>947</b>	<b>481</b>
<b>Zzgl. Vermarktung 50 % Flaschenwein</b>	<b>244,7</b>	<b>550,6</b>	<b>1187,5</b>	<b>1021,5</b>	<b>555,5</b>

Diese arbeitswirtschaftlichen Unterschiede wirken sich bei extensiven Erziehungsformen, wie dem Minimalschnitt, der einen Arbeitsbedarf von 50 bis 70 AKh ha<sup>-1</sup> fordert (SCHULTZ et al., 1997), noch deutlicher aus. Jegliche Erhöhung der Arbeitsproduktivität durch verfahrenstechnische Erleichterung, beispielsweise RMS-Bewirtschaftung, dient der Erhaltung der Steillagenbetriebe.

### 2.1.3 Gesetzliche Führungsgrößen

Eine nationale und internationale Neuorientierung der Agrarpolitik stellt den Verbraucherschutz und die Lebensmittel- und Produktsicherheit in den Vordergrund. Der Ausbringung von PSM im Weinbau ist eine Vielzahl gesetzlicher Führungsgrößen zugeordnet, da ein Umwelteintrag chemischer Stoffe weitestgehend unterbunden werden soll. Diese sind im Wesentlichen:

- Pflanzenschutzgesetz (PfSchG)
- Pflanzenschutzmittelverordnung (PflSchMV)
- Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
- Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Straßenverkehrsordnung (StVO)
- Unfall-Verhütungs-Vorschriften (UVV)
- Cross Compliance
- Rückverfolgbarkeit
- Hygienepaket

Besonders die Vorgaben aus dem Bereich des Umweltrechts aber auch aus dem Bereich des Lebensmittelrechts (Handelsnormen), die in den letzten Jahren verstärkt wurden, haben bedeutende Auswirkungen auf die Gestaltung landwirtschaftlicher Prozessketten und letztlich auf den Marktzugang. Es soll nicht vertiefend auf die gesetzlichen Formulierungen eingegangen werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten nationalen Verordnungen und EU-Gesetzestexte zusammengefasst, die das Thema Pflanzenschutz im Steilhang direkt tangieren.

## **Pflanzenschutzgesetz (PflSchG)**

Am 14. Februar 2012 trat im Bundesgesetzblatt das Gesetz zur Neuordnung des Pflanzenschutzrechtes in Kraft. Mit dieser Neuauflage wurde das Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen, das Pflanzenschutzgesetz (PflSchG), grundlegend novelliert und tangiert am intensivsten die Pflanzenschutzbehandlung und das Inverkehrbringen von PSM.

Zugelassene PSM, ein geprüftes Pflanzenschutzgerät und sachkundige Anwender, die ihren dokumentativen Verpflichtungen nachkommen, bilden laut PflSchG die Grundlage für die bestimmungsgemäße Anwendung von PSM.

Für die Praxis grundlegend ist der zweite Abschnitt des PflSchG. Dort wird in § 3 die „Gute fachliche Praxis“ zur Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen definiert.

Die wichtigsten dort formulierten Verfahrensvorschriften setzen eine Fahrgeschwindigkeit von  $6 \text{ km h}^{-1}$  im Interesse einer gleichmäßigen Vertikalverteilung und geringer Abdrift unter beidseitiger Behandlungsweise voraus. Durch das hohe Abdriftniveau in Raumkulturen sind die Maßnahmen zur Reduzierung der Abdrift besonders zu beachten. Pflanzenschutzmittel sollen genau dosiert und mit möglichst geringen Verlusten gleichmäßig auf Zielflächen verteilt werden. Nach Möglichkeit sollte verlustmindernde Technik zum Einsatz kommen (z. B. abdriftmindernde Düsen, Recyclingtechnik). Die Luft- bzw. Flüssigkeitsstrahlrichtung ist auf die Höhe der zu behandelnden Kultur entsprechend dem Entwicklungsstadium mit reduzierter Luftmenge bzw. ohne Luft anzupassen. Grundsätzlich ist mit der für eine ausreichende Durchdringung der Kultur notwendigen geringst möglichen Gebläseleistung zu arbeiten. Die Randbehandlung hat einseitig in die Behandlungsfläche hinein zu erfolgen, wenn gefährdete Objekte, Gewässer und besonders schützenswerte Biotop angrenzen.

Die problematischen Nebenwirkungen der Hubschrauberspritzung bezogen auf Lärmbelästigung und Abdrift bieten immer wieder Konfliktpotenzial. Sie stören vor allem die Bevölkerung und den Tourismus der Weinkulturlandschaft (TREIS, 2010).

Das Ausbringen von PSM aus der Luft wurde im PflSchG § 18: Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen, Abschnitt 1 bis 8, grundsätzlich verboten. Die zuständigen Behörden auf Landesebene können aber Ausnahmen genehmigen, wenn es für eine wirksame Anwendung keine vergleichbaren anderen Möglichkeiten gibt. Solche Genehmigungen sind nur für Pflanzenschutzmittel möglich, die vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) ausdrücklich für

die Anwendung mit Luftfahrzeugen entweder zugelassen oder genehmigt wurden, beispielsweise Netzschwefel zum Schutz vor Oidium (vgl. Kap. 2.3.2). In der EU-Richtlinie 2009/128/EG vom 21. Oktober 2009 über die nachhaltige Verwendung von Pestiziden trat der für den Pflanzenschutz in Steillagen relevante Artikel 9 am 31.12.2011 in Kraft. Dort ist ebenfalls eine strikte Beschränkung bei der europaweiten Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen beschrieben. Besonders die gesetzlichen Forderungen im Absatz 2 b) haben unmittelbare Konsequenzen für den Hubschraubereinsatz beim Pflanzenschutz im Steillagenweinbau. Dort heißt es: „Die verwendeten Pestizide müssen von den Mitgliedstaaten nach einer besonderen Bewertung der Risiken durch Spritzen oder Sprühen mit Luftfahrzeugen ausdrücklich für diese genehmigt worden sein.“ (Richtlinie 2009/128/EG, Abs. 2b).

### **„Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“**

Im Jahr 2004 wurde das „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) vorgestellt.

Der Maßnahmenkatalog des Reduktionsprogramms geht auf den eigenverantwortlichen Bereich des Anwenders von Pflanzenschutzmitteln (PSM) ein. Verschiedene Aktionsfelder sind zum Beispiel Kontrolle, Dokumentation, Information und verstärkte Forschung im Pflanzenschutz, außerdem die Förderung integrierter Pflanzenschutzsysteme. Der Grundsatz des Programms stützt sich auf die Intension, die Anwendung von PSM auf das notwendige Maß zu beschränken. Damit können PSM-Rückstände in Lebensmitteln gesenkt werden und es entsteht gleichzeitig ein ökonomischer Nutzen des Anwenders durch Mitteleinsparung. Als langfristiges Ziel sollen die Risiken, die durch die Anwendung chemischer PSM für Mensch, Tier, Grundwasser und Naturhaushalt entstehen können, weiter reduziert werden (BMELV, 2006).

### **Hygienepaket**

Am 29. April 2004 wurde vom europäischen Gesetzgeber die Novellierung des Lebensmittelhygienerechts in Form des so genannten „Hygienepaketes“ (EU-VO 852/2004, EU-VO 853/2004, EU-VO 854/2004, EU-VO 882/2004) eingeführt.

Zu dieser umfassenden Rechtsnovellierung zählt auch die Lebensmittel-Basisverordnung EU-VO 178/2002, auf die aufbauend das Hygienepaket wirkt. Diese fünf

neuen Verordnungen gelten seit dem 01. Januar 2006 in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union.

Ab dem Zeitpunkt der Ernte ist die Traube seit 2006 in § 14 (Abschnitt 3) der Weinverordnung als Lebensmittel definiert und unterliegt ebenfalls den Grundsätzen der Lebensmittel-Hygieneverordnung (WEINVERORDNUNG, 2006).

Die Lebensmittelsicherheit muss hierbei vom Lebensmittelunternehmer (Winzer) auf allen Stufen der Lebensmittelkette (einschließlich Primärproduktion) gewährleistet sein: „Die Lebensmittelunternehmer stellen sicher, dass auf allen ihrer Kontrolle unterstehenden Produktions-, Verarbeitungs-, und Vertriebsstufen von Lebensmitteln die einschlägigen Hygienevorschriften dieser Verordnung erfüllt sind“ (EU-VO 852/2002, Art. 3).

„Lebensmittel, die nicht sicher sind, dürfen nicht in Verkehr gebracht werden...

Lebensmittel gelten als nicht sicher, wenn davon auszugehen ist, dass sie gesundheitsschädlich oder nicht zum Verzehr durch den Menschen geeignet sind.“ (Artikel 4 Abs. 1 i. V. mit Anhang I, Teil A der Verordnung (EG) Nr. 852/2004).

„Eine Gesundheitsschädlichkeit kann erfahrungsgemäß bei Produkten aus der Primärproduktion durch beispielsweise Rückstände von Pflanzenschutzmitteln und Bioziden ausgelöst werden.“ (Artikel 14 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002) (SEUFERT & HESSE, 2008).

### **Rückverfolgbarkeit**

Die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln wird in Artikel 18 der EU VO 178/2002 beschrieben, Sie erfordert eine lückenlose Dokumentation aller Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen des Weinbaus. Werden Spuren von Schadstoffen im Endprodukt Wein gefunden, so kann auch der Primärproduzent (Winzer) belangt werden.

Kann von dem Winzer der Entlastungsbeweis nicht erbracht werden, so wird ihm automatisch die Haftung auferlegt. Schlagkarteien können hilfreich sein, aber auch die genaue Dokumentation beispielsweise über den Termin und die Menge eines applizierten PSM (DREIER, 2004).

Eine wichtige Rolle kommt hierbei der verwendeten Applikationstechnik zu. Wird diese als modern und sachgerecht eingestuft und liegt eine lückenlose Dokumentation des Pflanzenschutzes vor, kann von einer Haftung des Winzers abgesehen werden. Viele Pflanzenschutzgeräte des Steilhangs genügen nicht mehr diesen Anforderungen.

#### **2.1.4 Qualitätssicherungssysteme nach Vorgaben des LEH**

Steigende Handelsnormen verlangen von den Zulieferern des Lebensmittel-einzelhandels (LEH) direkte Nachweise zur Warenrückverfolgbarkeit durch einen kontrollierten Produktionsprozess. Der Deutsche LEH erarbeitete im Jahr 2001 für die Produkthersteller den International Food Standard (IFS). Dieser für mehr Transparenz und Sicherheit entwickelte globale Handelsstandard wird seit dem Jahr 2004 von nahezu allen großen Handelsketten von ihren Zulieferern gefordert. Die beteiligten Unternehmen der Fertigungsstufen der Lebensmittelkette müssen seither über eine Zertifizierung nach gültigem Qualitätssicherungssystem verfügen. In seiner Struktur ist der IFS kompatibel zu der DIN EN ISO 9001:2000.

Es gibt bislang keine gesetzliche Verpflichtung zur Teilnahme an einem bestimmten Qualitätssicherungssystem. Eine Zertifizierung öffnet dennoch neue nationale und internationale Märkte und sichert auch vorhandene Absatzwege. Eine Zertifizierung wird dann erforderlich, wenn der Abnehmer (Handel) es verlangt.

Mittels Geo Informationssystem (GIS) können alle nötigen Aufzeichnungen orts- und zeitbezogen detailliert erfasst und sortiert werden, damit der Landwirt seiner Nachweispflicht nachkommen kann. Die erfassten Daten können ebenfalls zur betriebswirtschaftlichen Optimierung herangezogen werden. Auf dieser Basis gibt es bereits Zertifizierungssysteme für Kleinerzeuger, die den betrieblichen Strukturen angepasst sind, so dass auch kleinere Steillagenwinzer daran teilhaben könnten um ihre Absatzwege langfristig zu sichern. Es ist mittlerweile Voraussetzung, dass ein modernes Pflanzenschutzsystem eine gute GIS- Kompatibilität besitzt.

## 2.2 Weinbau in Steillagen

### 2.2.1 Definition von Steillagen

Eine Weinbergslage im Hang mit großem Gefälle wird als Steillage bezeichnet. Nach dem deutschen WEINGESETZ (WeinG, 1994) muss eine Steillage eine Neigung von mindestens 30 % aufweisen. Steillagenfördergelder werden erst ab diesem Steigungswinkel aktiviert.

Steillagen können aber auch danach abgegrenzt werden, wie weit die Befahrbarkeit mit dem Schlepper im Direktzug noch gegeben ist. Beispielsweise ist unter günstigen Bedingungen der Schleppereinsatz bis ca. 60 % Hangneigung möglich. Ungeeignete Anbausysteme, offener und feuchter Boden, Laufterrassierung und fehlende Wegestruktur können zur Verschiebung der Direktzuggrenze auf unter 40 % Hangneigung führen (BÖHME, 2003).

### 2.2.2 Verbreitung und Bedeutung

Wegen der günstigen Klimabedingungen haben sich die Steilhänge entlang der Flussläufe als geeignete Standorte für den Weinbau erwiesen.

In kühlen Anbaugebieten ist dies der einzige Weg, den Reben auch in witterungsbedingt schlechten Weinjahren eine gute Sonnenbestrahlung zu sichern (SUPP, 2009). Die besondere Exposition im Hang ermöglicht eine flach einfallende und deshalb lange Sonnenbestrahlung der Reben und die ständige Förderung der Assimilation bietet ein gutes Potential für die Zuckereinlagerung der Traube. Heute machen Steillagen noch ca. 15 % der deutschen Rebfläche aus. Das Anbaugebiet Mosel weist in Deutschland mit ca. 3.750 ha (WEINBAUVERBAND MOSEL, 2011) die insgesamt größte Steillagenfläche Deutschlands auf. Aber auch in den Regionen Mittelrhein, Nahe, Württemberg oder Franken sind lokale Ballungsgebiete mit einer hohen Dichte an Steillagenflächen vorzufinden.

Der über 2.000 Jahre alte Steillagenweinbau unterliegt besonders in Rheinland-Pfalz (RLP) einem hohen Stellenwert, der weit über den Bruttoproduktionswert des dort produzierten Weines hinausgeht (DIRKSMEYER et al., 2005). Der wachsende Tourismus ist in der Region Mosel-Saar ein bedeutender Wirtschaftsfaktor.

Die mit Abstand meisten Gästeankünfte sowie Übernachtungen wurden im Jahr 2010 laut Datenermittlung des Statistischen Landesamtes RLP in der Tourismusregion

Mosel-Saar gezählt. Knapp zwei Millionen Gäste (Anteil an RLP 26 %) verweilen in der Region entlang der Flüsse Mosel und Saar. Mit 6,2 Millionen Übernachtungen entfielen 28 Prozent der gesamten Übernachtungen in RLP auf diese Region.

MAIER (2011) verwendet die Messzahl der Übernachtungsintensität (Zahl der Übernachtungen auf 1.000 Einwohner) als Indikator für die relative Bedeutung des Tourismus in einer Region. In RLP lag die Übernachtungsintensität 2010 bei 5.420 Übernachtungen je 1.000 Einwohner. Die Tourismusregion Mosel-Saar wies mit 21.800 Übernachtungen auf 1.000 Einwohner den höchsten Wert der Regionen auf. Über ein Viertel der touristischen Aktivität in RLP fällt somit auf die Moselregion.

MAIER et. al. (2011) beziffern die Veränderungen der Gästeankünfte von 2010 gegenüber 1990 mit einem Zuwachs von 45 %, die Steigerung der Übernachtungen lag bei 37,7 %. Dies zeigt das fortwährend steigende touristische Potential der landschaftlich reizvollen Region, die primär durch die Optik der Steillagenweinberge geprägt ist. Das Schaffen von 30.000 Arbeitsplätzen im Tourismussektor (HERRMANN und BERTRAM, 2008) birgt neben touristischen auch wirtschaftliche Vorteile für die Steillagenregionen.

### **2.2.3 Flächenorganisation und Anbaumethoden**

Der Weinbau in Steillagen ist größtenteils durch „Kleinparzellierung“ gekennzeichnet. Die durchschnittliche Parzellengröße beträgt zwischen 0,09 und 0,17 ha (DIETRICH, 1995). Findet man im Direktzug meist flurbereinigte Gemarkungen, die zum großen Teil einheitliche Strukturen aufweisen (Spaliererziehung, geräumige Zeilenbreiten, gut befahrbare Betonwege), so liegt in den Steillagen eine große strukturelle Varianz vor. Diverse Erziehungsformen, ungünstige Spitzzeilen, enge Zufahrtswege und pflegebedürftige Trockenmauern verengen den Wenderaum für Gerätschaften.

#### **Einzelpfahlerziehung**

Die Reben in Hanglagen wachsen oft noch als Direktträger am Einzelfahl. Die drahtlose Erziehungsform ermöglicht das Quergehen zum Hang bei den komplett händisch durchgeführten Rebpflegearbeiten. Die Handhabung der Pfahlerziehung ist einfach, die Pflegemaßnahmen dieser Erziehung gestalteten sich jedoch insbesondere im Hinblick auf Laubarbeiten im Sommer als arbeitsaufwendig und kostenintensiv. Trotz erheblicher Investitionen in Flurbereinigung und Infrastruktur beträgt der Gesamtarbeitsaufwand je Hektar hier bis zum fünf- bis siebenfachen verglichen mit einer Spaliererziehung in Flachlagen (SUPP, 2009). Enge Gassenbreiten

(1,1 m bis 1,4 m) und ein geringer Stockabstand erzeugen eine hohe Pflanzdichte im Bestand und verhindern eine Bearbeitung durch moderne Mechanisierungssysteme (MÜLLER et al., 1999). Die komprimierte Laubstruktur ist relativ schlecht belüftet und der Einsatz von Geräten zur mechanischen Unterstockbearbeitung ist aufgrund der zum Teil tief hängenden Triebe nicht gegeben.

### **Extensivierung durch alternative Erziehungsformen**

Viele technische Entwicklungen setzen sich laut SLAMKA (1990) seit Ende der 1960er Jahre zum Ziel, eine Vereinfachung, Arbeitserleichterung durch Mechanisierung und somit Rationalisierung der Arbeitsprozesse im Steilhang zu ermöglichen. Das Bestreben, mit arbeitsextensiveren Erziehungsformen zu wirtschaften, bildet die Basis für eine bessere Mechanisierbarkeit.

Die Neupflanzung im Spalierdrahtrahmen mit Halb- oder Flachbogenform der Frucht- rute ist die häufigste Form der modernen Rekultivierung in Gebieten mit starker Geländeinklination. Eine Extensivierung dieses Systems ist weiterhin durch den einfachen Zapfen- oder Kordonschnitt möglich, der Rebschnitt und Biegearbeiten reduziert.

Nach OCHBNER (2006) ist eine Verringerung des Arbeitszeitbedarfs für die Laubarbeiten zudem durch die Eindrahtanlage bzw. Umkehrerziehung möglich. Die Triebe hängen nach unten, dadurch entfallen das Aufheften und der Holzauhub beim Rebschnitt und die Zeit für den Laubschnitt wird größtenteils eingespart. Durch den breiten Wuchs müssen Zeilenabstände von mindestens 2,40 m gewählt werden. Solche Anlagen können mit durchschnittlich 144 AKh ha<sup>-1</sup> bewirtschaftet werden (OCHBNER, 2005). Laut WOHLFARTH (1998) ist die Menge-Güte-Relation bei dieser Erziehungsform jedoch sehr unsicher und, bezogen auf die Weinqualität, eindeutig schlechter zu beurteilen als die Spaliererziehung.

### **Minimalschnitt**

Die wohl extensivste Form aller Erziehungssysteme im Rebbau, der Minimalschnitt, verlangt den niedrigsten Arbeitszeitbedarf je Hektar Rebland. Minimalschnittsysteme können mit nur 50 bis 70 AKh ha<sup>-1</sup> bewirtschaftet werden (SCHULTZ et al., 1999). Dieses Erziehungssystem wird in anderen Weinbauländern, wie zum Beispiel Australien, bereits seit 20 Jahren kultiviert (SCHWAB und NÜBLEIN, 2005). Als Folge des Unterlassens der frühen Ertragsregulierung durch Winterschnitt tragen die Reben zunächst eine hohe Anzahl von Trauben, was im Jahresverlauf durch die

Selbstregulation des Stockes und dem Ausbilden kleinerer Einzelbeeren kompensiert wird. In diesem System muss der Pflanzenschutz intensiv, möglicherweise mit Radialtechnik, erfolgen, da die üppige Rebenhecke schwerer zu durchdringen ist. Außerdem kann durch die dichte, glockenartige Laubstruktur der Vorgang der Traubenlese ausschließlich maschinell durchgeführt werden (SCHULZ, 1999). Es gibt aktuell wenige Minimalschnittweinberge, die bereits als Jungfeld angelegt werden. Zumeist werden ältere Anlagen umgestellt, d.h. es wird jede zweite Reihe gerodet, um Zeilenabstände von 3,0 m bis 3,5 m zu erhalten.

Nach OCHSNER (2006) eignet sich dieses System, bei dem die Erträge schwer zu kalkulieren sind, für die Basisproduktion. Bezüglich der Beeinträchtigung der Weinqualität wurde nach den Aussagen von SCHULTZ et al. (1999) bisher kein starker Qualitätsabfall festgestellt

In der Praxis werden dennoch Bedenken geäußert, dass ein erhöhter Wasserbedarf der Reben durch höhere Blattmasse in den kargen, schiefergeprägten Hanglagen zu Stresssituationen führen könnte. Minimalschnittsysteme sind im Steillagenweinbau deshalb bislang nicht weit verbreitet.

BÖHME (2003) untersuchte in den Jahren 1999 bis 2002 den potentiellen Bewässerungsbedarf von Reben im Steilhang und widerlegte die allgemein kommunizierte Trockenstresstheorie. Mit Hilfe von Wasserpotential-, Xylemfluss und Gaswechselformen und unter Betrachtung der Bodenfeuchte stellte BÖHME fest, dass im Minimalschnitt bei doppelter Zeilenbreite trotz schnellerer Laubwandentwicklung kein höherer Wasserbedarf im Vergleich zur konventionellen Reberziehung vorliegt. Er unterstellte des Weiteren eine gute Tauglichkeit dieses extensiven Systems für den Steilhang, sobald ertragsregulierende Maßnahmen und maschinelle Ernteprozesse entwickelt seien.

Die fokussierte Forschungsarbeit an einem maschinellen Erntesystem für den Steilhang (siehe Kap. 2.2.5) eröffnet somit im Erfolgsfalle eine interessante zukunftsorientierte Reberziehungsalternative zur arbeitswirtschaftlichen Optimierung in Steillagen.

### **Neuordnungsverfahren von Rebland im Querbau**

Die infrastrukturelle Erschließung der Rebflächen durch Wege, größere Parzellierung und eine gezielte Wasserführung ermöglichen den rationellen Einsatz moderner Weinbautechnik (BURTSCHKE, 2007). Die in Deutschland durchgeführten Bodenordnungsverfahren in Form von Flurbereinigungen in Weinbergen wurden in Betracht

dieser Kriterien vollzogen (MICHALSKY, 1976). Dabei wurden die Grundstücke in Hang- und Steillagen fast ausschließlich so ausgewiesen, dass die Rebzeilen in Richtung des stärksten Gefälles (Falllinie) verlaufen. Querterrassierte Flächen bilden hierbei die Ausnahme. Die Terrassen bestehen aus einer befahrbaren Plattform und einer biologisch oder mechanisch befestigten Böschung zur Erosionsminderung. Die Bewirtschaftung erfolgt in Richtung der Höhenlinien, was den Einsatz von Direktzugtechnik ermöglicht. Diese Arbeit reduzierende Bewirtschaftungsform ist jedoch laut HENTJES und HARMSSEN (2008) nicht überall zu realisieren. Eine Eignung hängt nach Angaben von WEHINGER und SPIES (2008) von Geländeneigung, pedologischen, klimatischen und hydrogeologischen Bedingungen ab.

Beachtliche Nachteile des Rebbaus in Querterrassierung sind laut JÖRGER et al. (2008) der hohe Flächenverlust, die größere Hangoberfläche, niedrige Pflanzdichten, steigende Stockbelastung, Bewässerungsnotwendigkeit, aufwendige Böschungspflege und die kostenintensive geologische Umformung des Geländes beim Terrassenbau. Zur Planierung und Bau der Terrassen müssen nach JÖRGER et al. (2008) 7.500 bis 22.000 € ha<sup>-1</sup> investiert werden, weitere Kosten von 3 000 € ha<sup>-1</sup> entstehen bei der Begrünung der Böschung.

Der Umbau von Rebflächen hin zum Querbau im Rahmen von Flurbereinigungsmaßnahmen, um sie für eine Mechanisierung zu erschließen, könnte nach den Ausführungen von BÖHME (2003) auch im Widerspruch zum Erhalt der Kulturlandschaft stehen, deren vertikale Rebzeilung das touristische Bild der Deutschen Weinberge prägt.

In Rheinland Pfalz gibt es bisher nur für eine begrenzte Flächenzahl praktische Erfahrungen für moderne Querterrassierungen. In den Jahren 2001 bis 2006 wurden im Anbaugebiet Mosel ca. 30 ha befahrbare Querterrassen angelegt (PORTEN und TREIS, 2006).

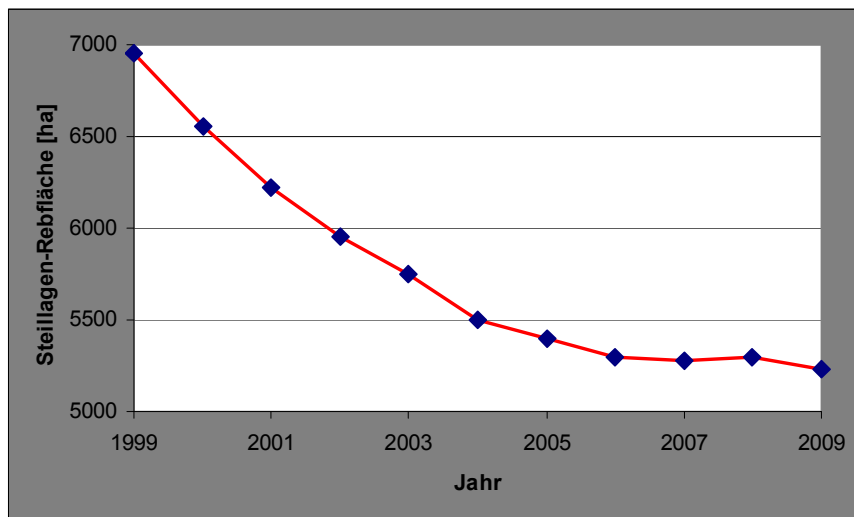
#### **2.2.4 Problematik des Steillagenweinbaus**

In den Erlösen für Fassware von Weinen aus Steillagen spiegelt sich der hohe Arbeitsaufwand (vgl. Kap 2.1) nicht wider, was einen stetigen Rückgang des Steillagenweinbaus zur Folge hat (BÖHME, 2003). Seit Mitte der 1950er Jahre vollzieht sich dieser Rückgang des Weinbaus aus traditionellen Steilhangflächen wegen der schwierigen Bewirtschaftungsbedingungen (BECKER, 1979).

Am Beispiel des Weinbaugebietes Mosel, der wichtigsten Deutschen Steillagenregion, hat sich die Zahl der Vollerwerbsbetriebe laut WEINBAUVERBAND MOSEL (2012)

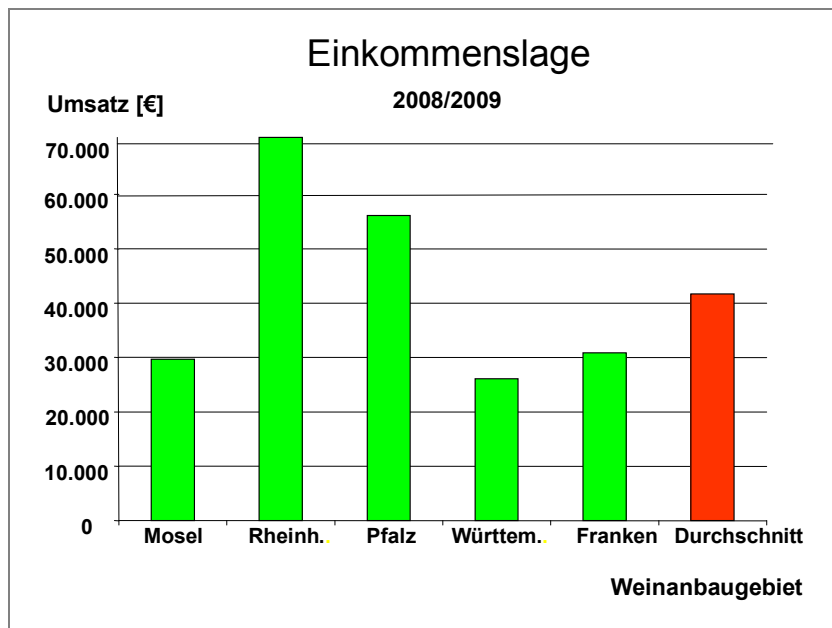
von 7.832 im Jahr 1972 um 61 % auf 3.000 Betriebe im Jahr 2009 reduziert. Im Jahre 1999 waren in ganz Rheinland-Pfalz noch ca. 7.000 ha mit Steillagen (Steigung > 30 %) bestockt. Diese Fläche reduzierte sich bis 2009 auf 5.200 ha (STATISTISCHES LANDESAMT RLP, 2011). Der fortschreitende Flächenverlust ist auf Abb. 1 dargestellt.

Durch die stetigen Betriebs- und Flächenaufgaben kommt es zur zunehmenden Brachebildung von ehemals kultivierten steilen Rebanlagen. Die Drieschenbildung fördert die Ausbreitung von Krankheiten, im Besonderen der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz), auf benachbarte Ertragsweinberge (HOLZ, 2003).



**Abb. 1:** Bestockte Steillagen-Rebflächen 1999-2009 in Rheinland-Pfalz (Quelle: Statistisches Landesamt RLP, 2009).

Vor allem die erhöhte Kostensituation ruft die ungünstige Einkommenslage der Betriebe in strukturschwachen Weinbaugebieten hervor. WILLNER (1992) stellt fest, dass die Vollkosten der Weinerzeugung im Anbaugebiet Mosel doppelt so hoch liegen wie in Rheinhessen oder der Pfalz. Anhand der Daten des AGRARBERICHTES im Jahr 2010 wird in Abb. 2 die unterdurchschnittliche Einkommenssituation für strukturschwache Weinbaugebiete wie Mosel, Württemberg und Franken dargestellt.



**Abb. 2:** Einkommenslage von Weinbaubetrieben ausgewählter Anbaugebiete in den Jahren 2008 und 2009 (Quelle: Agrarbericht, 2010).

### 2.2.5 Steillagenmechanisierung

Im Folgenden werden die wichtigsten Mechanisierungsalternativen für den Steilhang beschrieben. Als Unterscheidungskriterium dient die Art der Antriebsweise der Geräte, die im Direktzug (selbst fahrende Geräte) oder Seilzug (Seil gezogene Geräte) fortbewegt werden. Bei den vielfältigen Bauweisen wird auf eine detaillierte und herstellerepezifische Beschreibung verzichtet. Hier sei auf die angegebene Literatur verwiesen.

#### Direktzug in Hanglagen

Achsgelenkte Schmalspurschlepper mit Allradantrieb können laut DIETRICH (1995) bei guten Bedingungen in bis zu 60 % Hangneigung eingesetzt werden. Besonders Radschlepper mit Knicklenkung, vier gleich großen Reifen und permanentem Allradantrieb eignen sich durch ihren engen Wenderadius gut für den Einsatz in Steillagen (STEINMETZ, 1985). Schmalspurkettenschlepper werden durch ihr hohes Eigengewicht, den niedrigen Schwerpunkt und die große Aufstandsfläche bei hohem Zugkraftbedarf eingesetzt (DIETZEN, 1986). Ohne Gummistollenaufsatz verletzen sie nach RÜHLING und STRUCK (1988) die Asphaltdecke und benötigen zudem ein Transportfahrzeug mit Tieflader zur An- und Abfahrt der Fläche. Die Grenzsteigung der genannten Schlepperbauarten richtet sich nach den Versuchsergebnissen von STEINMETZ und RÜHLING (1985) insbesondere nach der Bodenbeschaffenheit und der Antriebsart der Anbaugeräte. Handgeführte Kleinraupen mit Gummikettenlaufwerk

und hydrostatischem Antrieb haben den Vorteil einer unter Last verstellbaren, stufenlosen Geschwindigkeitseinstellung, die vor allem bei der Arbeit im Steilhang Vorteile bringt (MÜLLER, 1999). Deren Nachteil ist die physische Belastung des Bedieners, der hinter der Raupe hergehen muss, und das leichte Eigengewicht bei ungünstiger Bodenbeschaffenheit (DIETRICH, 1993). Eine Raupe mit Mitfahrerplattform bringt deutliche Vorteile für den Fahrer.

Ebenfalls selbstangetrieben, jedoch an den Verlauf fest installierter Schienen gebunden, ist die in den 1990er Jahren entstandene Einschienenbahn (Monorackbahn) zum Transport von Menschen und Material, sogar über hohe Weinbergsmauern hinweg.

### **Seilzug in Hanglagen**

Die Ursprünge der Steillagenmechanisierung liegen im heute noch gebräuchlichen, kostengünstigen Sitzpflugsystem. Zur Inbetriebnahme werden zwei Personen benötigt und diese sind einer großen physischen Beanspruchung, besonders beim Umsetzen des Gerätes in die nächste Reihe, ausgesetzt. Nach der talwärtigen Leerfahrt zieht ein Seilwindensystem, das im Zwischenachsbereich des Begleitschleppers angebracht ist, den Pflug nach oben. Alternativ können auch Herbizidspritze, Sprühgerät und Düngerstreuer angebaut werden (VOGT, 2000).

Eine Fortentwicklung des Sitzpfluges der 1980er Jahre ist das Steillagen-Mechanisierungs-System (SMS). Es handelt es sich um einen Vierrad-Geräteträger mit schwenkbarem Führerstand, der an einem Stahlseil und einer im Transportfahrzeug integrierten Seilwinde hängend durch die Schwerkraft den Weinberg hinunter gelassen wird. Bei Seilriss dringen automatisch zwei Fallspieße als Notbremsvorrichtung in den Boden ein (DIETRICH, 1995). Auf dem antriebslosen Trägerfahrzeug können Arbeitsgeräte mit leistungsangepassten Viertaktmotoren adaptiert werden. Zum Umsetzen in die nächste Zeile mittels kipprer Auffahrpritsche und zur Windenregulierung werden zwei Arbeitskräfte benötigt, es sei denn, der Zugschlepper am Transporthänger und der Geräteträger verfügen über ein Power-Shift-Getriebe und Funkfernsteuerung, dann kann der SMS-Fahrer selbst den Versetzvorgang übernehmen (RÜHLING, 2002). Auch das so genannte Retraksystem funktioniert im Einmannbetrieb, wobei die Führerkabine mit der Transportpritsche in einer festen Einheit kombiniert ist. Die Arbeitszeiterparnis gegenüber den herkömmlichen Seilzugverfahren (Sitzpflug) beträgt nach Erfahrungen von WALG (2007) etwa 270 Akh ha<sup>-1</sup> im Einmannverfahren. Das heutige SMS kann zu allen

mechanischen Weinbergarbeiten, außer zur tiefgründigen Bodenbearbeitung oder als Erntegerät verwendet werden. Moderne Geräteträger sind mit leistungsfähigen Hydraulikaggregaten zum Antrieb und zur Bedienung der Anbaugeräte ausgestattet (BÖHME, 2003).

Ein Anknüpfen an das Kettenschlepperprinzip, jedoch in etwas leichter Ausführung, ist die vollhydrostatische Aufsitzraupe mit integrierter Forst-Hangelwinde und gummielastischen Kettenlaufwerken zur Schonung befestigter Fahrwege (WALG, 2007). Die Nutzung des Aufnahmeanhängers aus der SMS-Technik ist mit diesem System möglich. Dieses Raupen-Mechanisierungs-System (RMS) gilt als zukunfts-trächtigstes Mechanisierungssystem zur Doppelnutzung im Direkt- und Seilzug (PORTEN & SCHWARZ, 2007). Es ist dem SMS in Stabilität, Fahrkomfort, Sicherheit, Nutzungsumfang, Schlagkraft, Motorleistung und Arbeitsqualität überlegen. Die Fahrgeschwindigkeit im Dauereinsatz kann um  $2 \text{ km h}^{-1}$  höher sein als beim SMS (PORTEN und KOHL, 2010). Durch Dreipunktanbau und Zapfwellenbetrieb können alle Anbaugeräte aus dem Direktzug übernommen werden, sogar die Steilhangpflanzung ist möglich. Die Investitionskosten des RMS liegen zwar um ca. 15.000 € höher als beim SMS (PORTEN & SCHWARZ, 2007), dafür können 15 ha bis 30 ha pro Jahr bewirtschaftet werden, beim SMS sind es nur 8 bis 10 ha.

Neuste Forschungsarbeiten forcieren die Entwicklung von maschinellen Erntesystemen im Steilhang. Ein Steillagengeräteträger mit mobilem Erntekopf und Zwei-Winden-Zugsystem wird derzeit als multifunktionales Arbeitsgerät im Überzeilenbereich konstruiert und soll als Trägerfahrzeug für das in dieser Arbeit untersuchte Pflanzenschutzaggregat dienen. In der primären Zielsetzung soll dieses Gerät die manuelle Lese von  $200\text{-}300 \text{ AKh ha}^{-1}$  auf fünf  $\text{AKh ha}^{-1}$  reduzieren, um in der Folge die anfallenden Lesekosten im Vergleich zur Handlese zu halbieren (JUNG, 2009). Die Maschine muss zur Steigungsbewältigung von bis zu 60 % widerstandsfähig und robust sein und bei gleichzeitiger Leichtbauweise starken Bodenverdichtungen vorbeugen.

JUNG hat in seiner Diplomarbeit 2009 die Flächenleistung und die Lesequalität des Steillagenvollernters untersucht. Er ermittelte  $2,1 \text{ km h}^{-1}$  bei der talwärtigen Erntefahrt und  $2,4 \text{ km h}^{-1}$  bei der Bergauffahrt ohne Arbeitsleistung. Die durchschnittliche Zielgeschwindigkeit wurde mit 4 bis  $4,5 \text{ km h}^{-1}$  angegeben. Dies entspricht der Erntegeschwindigkeit von Traubenvollerntern im Direktzug und ist eine Voraussetzung für die schonende Traubenernte (RÜHLING, 1995). Bei den von JUNG gemessenen

Geschwindigkeiten sind nur 1,24 ha Tagesernteleistung möglich, wodurch die Kosten eines Einsatzes über die Kosten manueller Lese steigen. Unter optimalen Bedingungen und zwei Hektar Leseleistung je Arbeitstag käme es nach Jung jedoch zur Kostenersparnis. Zu beachten ist die verhältnismäßig junge technologische Geschichte des Steillagenvollernters, der als einmalig gebauter Prototyp weitere Entwicklungszeit benötigt.

Mit deutlichem technologischen Vorsprung hat sich nach 20 Jahren intensivem Einsatz des Traubenvollernters im Deutschen Direktzugweinbau gezeigt, dass es dort möglich ist die Erntefahrgestelle als Mehrzweckmaschinen einzusetzen (PFAFF, 1997) und somit den Arbeitseinsatz des Vollernters um 10-14 % auszuweiten (MAUL, 1994). Die Erschließung weiterer Nutzungsfelder des Vollernterfahrgestells über die Erntetätigkeit hinaus hin zur Bodenbearbeitung, Laubwandpflege und Durchführung des Pflanzenschutzes ist durch den möglichen Austausch der Anbauaggregate an das Grundgerät gegeben (GANTER, 2007). Die Mehrzwecknutzung des Vollernters als Geräteträger findet sich laut RÜHLING (1997) seit Ende der 1990er Jahren vermehrt in der Praxis wieder. Die Anwendung elektronischer Steuer- und Regelelemente hat die Entwicklung zur Multifunktionalität möglich gemacht.

Die Mehrfachnutzung sei jedoch nur möglich, wenn die territorialen Voraussetzungen (Arrondierung) mittels Flurbereinigung und Landtausch voranschreiten (PFAFF, 1994). Vor allem bei langen Rebzeilen ist der Einsatz eines Vollerntergestells für Arbeiten außerhalb der Erntezeit interessant (MAUL, 1995). Dies sei eine Möglichkeit, um Arbeitskosten im Direktzug für eine Einzelarbeit um 50 % zu senken (MAUL, 1999).

## 2.3 Anforderungen an einen zeitgemäßen Pflanzenschutz

Die gestiegenen Anforderungen der Verbraucher bezüglich der Weinqualität setzen im modernen Weinbau vor allem die Erzeugung eines möglichst optimalen Lesegutes voraus. Dabei spielt neben den analytischen Parametern Zuckergehalt, Säure und pH-Wert besonders der Gesundheitszustand der Trauben eine wichtige Rolle. Nur eine zielobjektbezogene, termingerechte und schlagkräftige Applikationsstrategie mit gleichmäßiger Wirkstoffverteilung während der Vegetationsperiode der Rebe erhält eine lange Traubengesundheit bis zur physiologischen Aromareife bei der Ernte. Der Gesetzgeber forciert hingegen Mitteleinsparung und Verlustminimierung von PSM und deren Dosiergenauigkeit bei lückenloser Rückverfolgbarkeit, was nicht primär der Rebgesundheit, sondern vielmehr dem Umwelt- und Verbraucherschutz zugeordnet werden kann.

Um ein Pflanzenschutzgerät hinsichtlich seiner Applikationsqualität bewerten zu können, bedarf es einiger gezielter Messindikatoren am Gerät selbst, am Zielobjekt Rebe und in der Umgebung.

### 2.3.1 Zielobjekt Rebe

Die Rebe muss, so wie Hopfen- und Baumkulturen, im Gegensatz zur Flächenkultur als ein Zielobjekt in vertikaler Ausrichtung betrachtet werden.

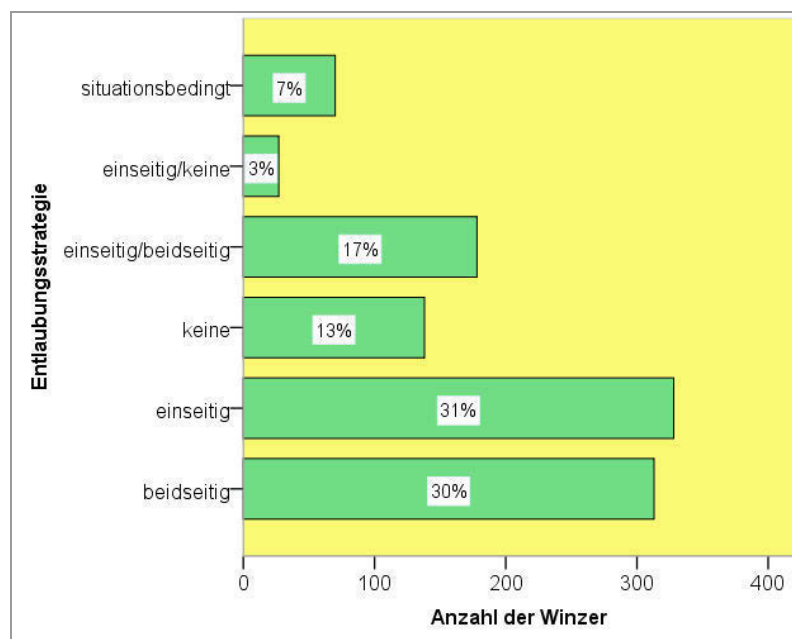
Ein Negativfaktor der besonderen Laubwandgeometrie der Rebe für den Pflanzenschutz ist die Größe und Anordnung der Weinblätter, die meist schuppenartig aufeinanderliegen und das Eindringen des Wirkstoffs ins innere Blattwerk behindern (BÄCKER, 1984). Diese starke Filterwirkung der Laubwand steht einer optimalen Durchdringung zum Schutz gegen Schaderreger entgegen. Weinreben benötigen auf Grund der geringeren Bestandshöhe (ca. 2,1-2,5 m) im Vergleich zu anderen Raumkulturen jedoch wesentlich verminderte Gebläseluftleistungen beim Applizieren von PSM (TRILOFF, 2011). Dies ist nach BÄCKER (2002) durch die stark begrenzten geometrischen Abmessungen der Reberziehung, der morphologischen Struktur eines Weinbergs und der geringen Penetrationstiefe moderner Drahtrahmenanlagen mit Laubwandbreiten bis maximal 0,5 m bedingt.

### Zielflächencharakteristische Anforderungen an den Gebläseluftstrom

Die Rebkultur darf während der Vegetationsperiode nicht als statisches Objekt betrachtet werden. Nicht nur das Triblängenwachstum und der Laubflächenzuwachs, sondern auch der Eingriff des Menschen durch Triebzahlkorrektur, Entblätterung, Trauben teilen und sonstige phytosanitäre Maßnahmen, die zur Erzeugung einer luftigen Laubwand führen, müssen bei der Berechnung der PSM-Dosierung und der Einstellung des Sprühgerätes berücksichtigt werden.

Der größte anthropogene Einfluss bezüglich der Laubstruktur eines Weinbergs wird durch die Entblätterung der Traubenzone vorgenommen. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und durch mittlerweile gut zu steuernde Entlaubungssysteme wird die maschinelle ein- oder beidseitige Entblätterung vorgezogen, um Personalkosten einzusparen (PETGEN et al., 2007).

Abb. 3 verdeutlicht, dass ca. 80 % der in einer Umfrage (siehe Kap. 5) befragten Betriebe mit Direktzug- und Seilzugbewirtschaftung in jedem Fall eine teilweise oder komplette Freistellung der Traubenzone vornehmen und diese partielle Offenheit der Laubwand ist beim Pflanzenschutz zu berücksichtigen.



**Abb. 3:** Entlaubungsstrategien in Deutschen Weinbaubetrieben (VOLLMER, 2012: Unveröffentlichte Arbeit aus dem „Zwischenbericht der Forschungsergebnisse 2012“ am Institut für Technik, Hochschule Geisenheim).

Zu Vegetationsbeginn der Rebe herrschen verstärkt Probleme in Bezug auf die Abdrift. Bei der ersten Spritzung im Drei- bis Fünfblattstadium ist die Laubwand noch sehr lückenhaft und ein großer Teil des Behandlungstoffes verfehlt die Zielfläche.

Die Zunahme der Blattfläche als wichtigen Faktor für die Belagsbildung beschreiben PERGHER & GUBIANI (1995), die mit steigendem Blattflächenindex eine nahezu lineare Zunahme der Belagsmasse bei sinkendem Bodensediment messen.

Wie stark PSM bei voller Belaubung angelagert werden, ist besonders von den variablen Kenngrößen eines jeden Weinberges abhängig. Rebsorten-, Unterlagen- und Standortvarianzen können unterschiedliches Wuchsverhalten, variable Blattgrößen und Blattformen hervorrufen.

Besonders die Erziehungsform eines Weinberges bestimmt die Ausführung des Pflanzenschutzes. Das in Deutschland gängige Erziehungssystem ist die Spalier-erziehung mit einem bzw. zwei beweglichen Heftdrahtpaaren. Bei dieser Erziehungsform konzentriert sich die Blattmasse laut BÄCKER (2002) vor allem auf den unteren Laubwandbereich und nimmt zur Gipfelzone hin deutlich ab. Da sich auch der Fruchtansatz auf den unteren Laubwandbereich begrenzt, stellt dieses Anbausystem hinsichtlich des Penetrationsverhaltens gerade im Bereich der Traubenzone die höchsten Anforderungen. Dementsprechend muss bei einem idealen vertikalen Luftstromprofil die verfügbare Luftleistung in der Traubenzone möglichst hoch sein und im Interesse der Abdriftverminderung zur Gipfelzone hin kontinuierlich abnehmen BÄCKER (2002).

Das Minimalschnittsystem hingegen (vgl. Kap. 2.2.3) trägt Fruchtansätze über die gesamte Laubwand. Die Penetration von PSM in die Laubwand ist in der großen Laubwandglocke deutlich reduziert. Die frühzeitig große Zielfläche ist nach den Aussagen von SCHULTZ (2001) nur durch eine angepasste Mittelmenge zu bewältigen. HILL et al. (2000) berichten von einem sehr frühzeitig nötigen Pflanzenschutz gegenüber *Oidium tuckeri*, nachfolgend als *Oidium* bezeichnet (vgl. Kap. 2.3.2). Dies führe in der Folge aber nicht zu einem generell höheren Aufwand an PSM im Verlauf der Vegetation.

Bei vergleichenden Rebschutzaufwendungen von SCHWAB und NÜßLEIN (2005) trat von 1999 bis 2004 kein verstärkter Infektionsdruck bei den Minimalschnittvarianten auf. Durch die Dichte der Laubwand und wegen des höheren Zeilenabstands von drei Metern empfehlen die Autoren jedoch Gebläse mit hoher Luftleistung und das Befahren jeder Zeile.

### 2.3.2 Schaderreger im Deutschen Weinbau

Die für den Weinbau gefährlichsten und wirtschaftlich bedeutendsten Pilzkrankheiten sind Peronospora (falscher Mehltau; *Plasmopara viticola*) und Oidium (echter Mehltau, *Oidium tuckeri*). Diese befallen bevorzugt zuerst die Blätter und können sich bei nicht fachgerechtem Pflanzenschutz von dort mittels einer zweiten Sporulation in der gesamten Anlage ausbreiten. In der Zeit starken Triebwachstums der Reben sollten die Spritzabstände bei oidiumaffiner Witterung nicht mehr als zehn bis zwölf Tage betragen. Längere Spritzabstände, das Befahren jeder zweiten Gasse und zu hohe Fahrtgeschwindigkeiten stellen den Erfolg der Oidiumbekämpfung in Frage. Im besonderen Hinblick auf die Infektionssporen des falschen Mehltaus (Zoosporen), welche laut MOHR (2005) durch die Stomata auf der phytopathologisch bedeutsamen Blattunterseite (BUS) eindringen können, ist es wichtig, auch die schwer zu erreichende Zielposition der BUS beim Pflanzenschutz zu behandeln. Ist diese ausreichend geschützt, so ist nach KNEWITZ et al. (2008) die zugänglichere Blattoberseite (BOS) in jedem Fall genügend belegt.

Die genannten Pilzerreger infizieren alle grünen Rebteile und eröffnen in der Folge Eintrittspforten für den Botrytispilz (Grauschimmel; *Botrytis cinerea*), der bevorzugt das schwer zugängliche Stielgerüst und die Beeren befällt. Bei Herstellung von Rotwein, der mit den Schalen vergärt, können nur Trauben verwendet werden, die keine pilzlichen oder tierischen Schadsymptome aufweisen. Für trockene Weine kann eine gesunde Botrytis (auch Edelfäule genannt), die ab ca. 60° Oechsle einsetzt, mit einem Anteil von 5 bis 10 % geduldet werden. Auch im edelsüßen Bereich kann Edelfäule zur Konzentration der Inhaltsstoffe erwünscht sein (TROOST, 1988).

Durch verletzte oder von pilzlichen Schaderregern beeinträchtigte Traubenschalen können sich sekundäre Pilzinfektionen von Grünfäule (*Penicillium*), Rosafäule (*Trichothecium roseum*) und Weißfäule (*Coniella petrakii*) ausbilden, deren Pilzgifte in geringster Konzentration zu Fehltonen im Wein führen können. Ohne fachgerechten Rebschutz kann eine Infektion von Blättern, Trauben und Stielgerüsten durch fungiziden, sowie parasitären Befall nach den Angaben von MOHR (2005) von einer leichten Beeinträchtigung über einen Ertragsausfall bis hin zum Absterben des Stockes führen.

Der Traubenwickler ist der wichtigste tierische Schädling im Weinbau. Mit artspezifischen Sexuallockstoffen, sogenannten Pheromonen, wird seit 1985 biochemische Traubenwicklerbekämpfung durch Paarungsstörung des einbindigen (*Eupoecilia ambiguella*, Syn.: *Clysia ambiguella*) und bekreuzten Traubenwicklers (*Lobesia botrana*, Syn.: *Polychrosis botrana*) ohne den insektiziden Einsatz eines Sprühgerätes durchgeführt (MÜLLER et al, 1999).

Jedoch sind nicht alle Gebiete mit Pheromonen geschützt. In Gemarkungen mit starker Parzellierung und fehlender Flurbereinigung, wie es in Steillagengebieten der Fall ist, kommen selten großflächige Pheromongemeinschaften zusammen. Aber gerade in diesen warmen Lagen ist die Entwicklung des Traubenwicklers besonders begünstigt. Dort muss mit Insektiziden oder bakteriellen Präparaten gearbeitet werden, die gezielt der Traubenzone zugeführt werden sollen.

### **Klimawandel**

Vorliegende Klimamodelle geben einen Hinweis darauf, dass weinbaurelevante Schaderreger zukünftig noch bessere Existenzbedingungen vorfinden werden.

Nach den Prognosen von HANSEN (2003) kann mit einer Zunahme der Temperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts um ca. 1,5 °C im Mittelmeerraum und bis ca. 4 °C in Nordeuropa ausgegangen werden.

Die milderen Winter, Frühjahre und wärmeren Sommer werden nicht nur den Vegetationsablauf der Reben beschleunigen und die Spritzabstände zwangsläufig verringern, sondern laut HOPPMANN und SCHMITT (2001) auch die Überlebensraten für die Überwinterungsmycete sowie die sexuellen Fruchtformen (Dauerorgane) der pilzlichen Erreger erheblich verbessern. Die milden Winter sorgen somit für ein relativ großes Reinfektionspotential im Frühjahr durch tropfwasserverfrachtete Pilzsporen und auch die Generationenzahl bei Insekten nimmt zu.

Gleichzeitig zum Anstieg der Temperaturen wird eine Veränderung der Niederschlagsverteilung erwartet. Die Prognosen der Klimaforscher des HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR UMWELT UND OENOLOGIE (2005) sagen für die Zukunft bis Mitte des 21. Jahrhunderts zum Beispiel in Hessen steigende Niederschlagsmengen im Frühling (+20,3 %), Herbst (+24,9 %) und Winter (+22,2 %) voraus.

Die Niederschlagsmenge im Sommer wird zwar tendenziell sinken (-17,3 %), aber extreme Trockenjahre wie 2003 mit niedrigem Krankheitsdruck werden wohl auch zukünftig eher eine Ausnahme bleiben. Vielmehr werden sich Jahre mit unvorhersehbaren Wetterschwankungen und Starkregenereignissen während der Sommer-

monate mit hohem Pilzdruck häufen. Steigende Temperaturen in Kombination mit höheren Niederschlägen, die teils als Starkregen fallen, fördern demnach ein massives Auftreten von Rebkrankheiten und Schädlingen, die durch einen effektiven Pflanzenschutz zu bekämpfen sind.

### 2.3.3 Sachgerechte Pflanzenschutzdurchführung

#### Zeitperiode einer Pflanzenschutzbehandlung

Die Kapazitätsgrenze eines Steillagen-Mechanisierungssystems resultiert nach DIETRICH aus der knappen Zeitperiode, in der die Durchführung für eine Pflanzenschutzbehandlung erfolgt sein muss. Eine Behandlung sollte binnen vier Tagen abgeschlossen sein (DIETRICH, 1995). Officialberatungen für Weinbauunternehmer empfehlen den Behandlungsspielraum durch den hohen Pilzdruck der Erreger auf sogar nur zwei bis maximal drei Tage zu begrenzen (WAGENITZ, 2012).

Dieses enge Zeitfenster mit günstigen meteorologischen Voraussetzungen für die Applikation, sowie Arbeits- und Maschinenkosten, sind die wichtigsten Gründe für den Einsatz eines schlagkräftigen Pflanzenschutzes.

Der Einsatz mehrzeiliger Pflanzenschutzgeräte (Kap. 2.4.1) ist zwar grundsätzlich möglich, aber die Überzeilentechnik ist in der Anschaffung sehr kostenintensiv und nicht bei allen Geländebeschaffenheiten einsetzbar (BÄCKER, 2000). Daher sind viele Betriebe dazu übergegangen, den Rebschutz nur alternierend in jeder zweiten Zeile durchzuführen oder die empfohlene Fahrgeschwindigkeit über  $6 \text{ km h}^{-1}$  hinaus zu erhöhen. Von über 1.000 befragten Weinbaubetrieben in der in Kap. 5 beschriebenen Umfrage behandelt die Hälfte nur jede zweite Zeile während der gesamten Vegetationsperiode. Diese Taktik kann aus Pflanzenschutzgründen riskant sein und wird vom Gesetzgeber generell abgelehnt (BMELV, 2005). In Praxisversuchen hat BÄCKER (1999) ermittelt, dass bei der Behandlung jeder zweiten Reihe in den Nachblütstadien bei identischen Geräteeinstellungen auf der Blattoberseite ca. 11 % mehr, auf der Blattunterseite ca. 33 % weniger und an den Trauben bis zu 77 % weniger Belagsmasse zu finden ist.

LANDERS & FAROOQ (2004) bewerteten diese Strategie ebenfalls als negativ, weil daraus eine stärkere Variabilität des Belages, höhere Verluste, Verschwendung von Energie und Geld sowie größere Probleme in der Öffentlichkeit resultieren. Die Belagsmessungen der Autoren im Obstbau ergaben bei einseitiger Fahrt einen Bedeckungsgrad von 39 %, während mit der Behandlung jeder Reihe an derselben

Kronenseite 53,4 % erzielt wurden. Hinsichtlich der Effekte auf die biologische Wirkung wiesen HOFFMANN et al. (2003), die in Reben jede zweite Reihe behandelten, eine Zunahme von Schwarzfleckenkrankheit (*Phomopsis viticola*) durch unzureichenden Belag nach.

BÄCKER (2000) bemerkte, dass alternativ zur Zweizeilenbehandlung eine leichte Erhöhung der Fahrtgeschwindigkeit auf 7 bis 8 km h<sup>-1</sup> unbedenklich sei, hingegen wären 10 km h<sup>-1</sup> nicht vertretbar. Zur Schlagkraftherhöhung empfiehlt BÄCKER eine überzeilige, luftunterstützte Technik für einen ausreichenden Behandlungserfolg.

### **Dosiermodelle**

Ein zielgerichteter Austrag von PSM bildet das Kernstück einer modernen Pflanzenschutzbehandlung, aber die Dosiervorgaben im Weinbau sind aktuell in der Weinbaupraxis nur ungenügend definiert (KOCH, 2007).

Kulturartspezifische Dosiermodelle von PSM werden von vielen Autoren gefordert (SIEGFRIED et al., 1995; WALKLATE et al., 2003; FURNESS, 2003; GODYN et al., 2005; GIL et al., 2005; VIRET et al., 2005; KOCH, 2007). Die Anpassung der Dosierung an das Zielobjekt ist jedoch in anderen Raumkulturen bereits stärker verbreitet als im Weinbau. Im Obstbau gibt es nach den Recherchen von TRILOFF (2011) bereits frühe Anpassungsversuche der Mitteldosierung. Er nennt als Ansätze beispielsweise das Kronenhöhen-Modell, das sich an der Bestandshöhe orientiert, oder das Tree-Row-Volume-Modell, bei dem Kronentiefe und Kronenhöhe Berücksichtigung finden.

Bei der Dosiergenauigkeit erscheint es nach MORGAN (1981) auch im Weinbau sinnvoll, die Rebe als Raumkultur und nicht als vertikal ausgerichtete landwirtschaftliche Flächenkultur zu betrachten.

Das Laubwandflächen-Modell verwendete KOCH (1992) im Obstbau als Grundlage für die Ausrichtung der Dosierung an der aus Kronenhöhe und Reihenlänge·ha<sup>-1</sup> bestehenden Laubwandfläche·ha<sup>-1</sup>. Dieses Modell hat er auch im Weinbau vorgeschlagen. KOCH et al. (2001) definieren demzufolge die Belagsbildung an der Laubwand als Summe der durch die einzelnen Düsen behandelten Spritzbänder als Beleg für die zielflächenbezogene Dosierung, deren Anzahl und Abstände zueinander die Überlappung der einzelnen Bänder und damit die mittleren Belagsmassen bestimmen.

Nach aktuellen Vorgaben zur Mittelausbringung wird im Weinbau jedoch immer noch lediglich die Zeilenbreite als Arbeitsbreite angenommen, was einzig die Grundfläche des Reblands in Form einer rein hektarbezogenen Dosierung unterstellt.

Künftig sei jedoch die Ermittlung der genauen Laubwandfläche (Behandlungsfläche) als eigentliches Zielobjekt von Interesse (KOCH, 2007).

### **Leistungsbedarf und Luftleistung**

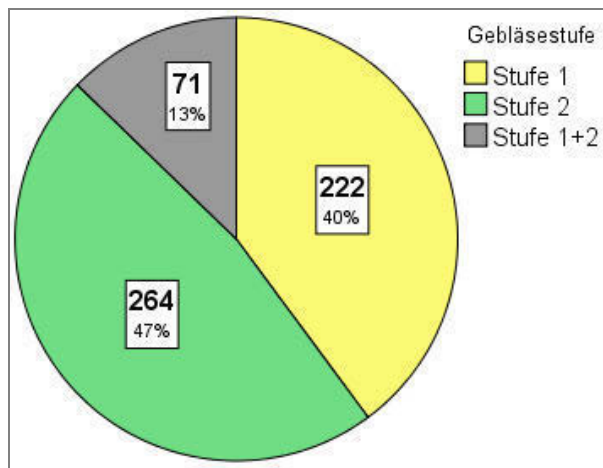
Nach MOITZI (2005) hat der Pflanzenschutz bei allen mechanisierten Tätigkeiten des Weinbaus den zweithöchsten Treibstoffverbrauch zu verzeichnen.

MOITZI nennt in diesem Zusammenhang Einsparungsmöglichkeiten in der Wahl des optimalen Motorbetriebspunktes durch eine angepasste Zapfwellendrehzahl.

Angesichts der stetig steigenden Kraftstoffpreise und des Ausstoßes von Treibhausgasen ist eine Kraftstoffreduktion durch Drehzahlreduzierung anzustreben (BÄCKER et al., 2009). Den höchsten Leistungsbedarf haben Radialgebläse mit Werten von bis zu 20 kW. Bei der Adaption eines größeren Behältervolumens muss in Hanglagen die Fahrleistung (15-20 kW) zusätzlich berücksichtigt werden. Der Verbrauch beläuft sich dabei auf ca. 10 Liter Kraftstoff je Stunde. Hier schneiden Tangentialgebläse und Axialgebläse deutlich günstiger ab (BÄCKER et al., 2009).

Durch eine Anpassung der Gebläseluft an die Raumkultur kann die Drehzahl nach KNOLL et al um ca. 30 % reduziert werden. Eine Zapfwellenreduktion von  $540 \text{ min}^{-1}$  auf  $380 \text{ min}^{-1}$  vermindert den Energieaufwand um die Hälfte. So werden bei einem 60 kW-Schlepper anstatt  $8 \text{ L h}^{-1}$  bei Nenndrehzahl nur  $4 \text{ L h}^{-1}$  verbraucht (KNOLL et al., 2011).

Bis in die jüngste Zeit hinein herrscht jedoch in der Praxis die Überzeugung vor, dass nur ein starker Luftvolumenstrom des Gebläses eine ausreichende Durchdringung der Laubwand sowie eine gute Belagsbildung ermöglicht. Dementsprechend werden die Gebläse weitläufig überwiegend in der großen Gebläsestufe und mit hohen Drehzahlen betrieben, was das projizierte Meinungsbild von 557 Weinbaubetrieben in Abb. 4 verdeutlicht. Bei dieser fachlich inkorrekten Vorgehensweise wird visuell ein enormer vertikaler Austrag in Form einer Sprühwolke erkennbar.



**Abb. 4:** Gebälsestufenwahl beim Pflanzenschutzgerät nach den Angaben repräsentativer Weinbaubetriebe (VOLLMER, 2012: Unveröffentlichte Arbeit aus dem „Zwischenbericht der Forschungsergebnisse 2012“ am Institut für Technik, Hochschule Geisenheim).

Diese Austräge verursachen Kosten im Bereich der eingesetzten Produkte und Treibstoffe, denen kein Nutzen gegenübersteht. GÖHLICH (1985) bemerkt daher, dass die Justierung des Luftvolumenstroms erhebliches Potenzial zur Verminderung von Kosten und Umweltbelastungen birgt. Verschiedene Untersuchungen von BÄCKER und STRUCK (2002) bewerten die Verwendung der zweiten Getriebestufe eines Pflanzenschutzgerätes als nachteilig, da das hohe ausgebrachte Luftvolumen größer  $25.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  zu mächtig ist, um in der Laubwand zu verbleiben und es zu einem vermehrten Stoffaustrag im peripheren Bereich der Laubwandrückseite kommt. WALG (1999) äußert die Empfehlung, dass im deutschen Weinbau mit Reihenbreiten von zwei Metern Luftmengen von  $20.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  bis  $25.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  ausreichend sind. In der wissenschaftlichen Literatur bleibt das Thema eines reduzierten Luftvolumenstromes und seiner Auswirkungen auf die Belagsbildung in der Vergangenheit auf wenige Hinweise beschränkt. RANDALL (1971), WHITNEY & SALYANI (1991), DERKSEN & GRAY (1995) und PERGHER & GUBIANI (1995) deuten eine hohe Gebläsedrehzahl als tendenziell negativ für die Belagsbildung.

Nachweise steigender Belagsmassen bei sinkendem Luftvolumenstrom erbrachten nach der Jahrtausendwende PEZZI & RONDELLI (2000), RICHARDSON et al. (2000), CROSS et al. (2001a), PERGHER (2005), PERGHER & GUBIANI (2005) und PERGHER & LACOVIC (2005) in vielzähligen Versuchen am Zielobjekt. Eine andere Alternative zur Luftvolumenreduzierung bieten LANDERS & FAROOQ (2004), die, anstatt die Gebläsedrehzahl zu reduzieren, mit verschiedenen breiten Holzringen („doughnuts“) die Ansaugöffnung des Gebläses verkleinern, damit aber ebenfalls zu höheren Belagsmassen kommen. Bezogen auf den Leistungsbedarf ist festzuhalten, dass der

Energieverbrauch mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit steigt, wie SALYANI & FAROOQ (2003) bemerken. Bezüglich der Gebläsedrehzahl geben die Autoren bei einer Zu- bzw. Abnahme der Drehzahl um jeweils 20 % eine überproportionale Steigerung des Energieverbrauchs um 72,8 % bzw. eine Reduzierung um 48,8 % an. TRILOFF stellt des Weiteren in seiner Dissertation im Obstbau fest, dass bei einem an das Entwicklungsstadium der Kultur und an die Fahrtgeschwindigkeit angepasstem Luftvolumenstrom die Abdrift reduziert werden kann. Mögliche Einstellgrößen des Luftvolumenstromes sind nach TRILOFF (2011) zum einen die Drehzahl des Rotors und zum anderen die Fahrgeschwindigkeit.

Damit deuten sich besonders für die Intensität des Luftvolumenstromes große Potentiale hinsichtlich der Verbesserung der Applikation und deren Energiebilanz sowie der Abdriftminderung an, was durch die Wahl der optimalen Gebläsedrehzahl beeinflusst werden kann.

### **Belagsqualität**

Von Pflanzenschutzgeräten wird eine gleichmäßige vertikale Wirkstoffverteilung gefordert (LANDERS et al, 2000). KOCH und KNEWITZ (2009) definieren das optimale Sprühverhalten eines Pflanzenschutzgerätes als eine Art Rechteckverteilung, bei der auf jeder Höhe der Behandlungsfläche gleich viel Flüssigkeit im Düsenverbund ausgebracht werden muss.

Eine ungleichmäßige Mittelverteilung kann für Blattflächen oder Traubenteile mit ungenügendem Schutzbelag einen Befall durch Krankheitserreger oder Schädlinge bedeuten. Umgekehrt kann zuviel Belag auf den Trauben unter Umständen sogar zur Überschreitung der gesetzlichen Höchstgehalte von PSM-Rückständen führen (LANDERS et al., 2000).

Da der Applikationsprozess generell eine Abfolge mehrerer überlappender Zufallsprozesse ist, ergibt sich laut KOCH und WEIßER (1994) jedoch eine große Variabilität der Belagsmassen mit einer Spannweite um den Faktor 15. Durch eine unsachgemäße Einstellung des Sprühgerätes können laut WALG (2007) sogar bis zu 25 % des Wirkstoffs als Drift verloren gehen.

### **Wirkstoffgruppen**

Die verwendeten PSM-Wirkstoffe stehen in engem Zusammenhang mit den Anforderungen an die Applikationstechnik (SIEGFRIED et al., 2000). Kontaktwirkstoffe wirken lokal auf der tatsächlich benetzten Oberfläche. Sie haben hohe Ansprüche an

die Verteilung des Wirkstoffes und ausreichende Benetzung. Translaminare Wirkstoffe können von BOS zu BUS diffundieren. Sie bedürfen einer mittleren Anforderung an Verteilung, Tropfengröße und Wassermenge. Systemische Wirkstoffe werden innerhalb der Pflanze weitergeleitet. Die Verteilung verläuft akropetal vom Anlagerungsort, d.h. in Richtung der Spross- bzw. Blattspitze. Sie zeigen sehr geringe Anforderungen an die Pflanzenschutztechnik (MOHR, 2005). Gute Blattbeläge erfordert besonders die ökologische Wirtschaftsweise, da nur Mittel mit Kontaktwirkung zugelassen sind.

Leider finden sich in der Literatur keine genauen Angaben zur tatsächlich benötigten Belagsmasse eines PSM ungeachtet der Wirkstoffgruppe und dessen biologisch wirksamen Verteilung auf den Organen des Zielobjekts (beispielsweise als Initialbelag in der Maßeinheit  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ). Hilfreich für die Auswertung der Belagsmessungen (Kap. 4.5.6) wäre die Angabe eines in biologischen Versuchen erörterten Minimalbelages auf den grünen Rebscheiden, der zum ausreichenden Schutz vor Schadern führt.

### **2.3.4 Anforderungen an die Gerätetechnik**

#### **Düsen**

Die zu berücksichtigenden Parameter bei modernen Pflanzenschutzgeräten sind: Applikationsqualität, Bedienungs- und Wartungsfreundlichkeit, Anwenderschutz und neben einem gut mischenden Rührwerk eine technische Einrichtung zur Innenreinigung des Brühbehälters.

Neben der geeigneten Gebläsetechnik (Kap. 2.3.5) wird in Raumkulturen insbesondere durch die steigenden Abstandsauflagen zu Gewässern und Saumbiotopen eine abdriftarme Zerstäubertechnik gefordert. Im Weinbau kommen fein zerstäubende Kegelstrahldüsen (Hohlkegeldüsen) und grobtropfige Flachstrahldüsen (Injektordüsen) zum Einsatz, wobei die aktuelle Tendenz zur Flachstrahldüse geht. BÄCKER (2007) gibt für einen modernen Weinbau uneingeschränkt die Empfehlung, künftig nur noch grobtropfige Zerstäubersysteme einzusetzen. Das Tropfenspektrum einer Düse wird oftmals als mittlerer volumetrischer Tröpfchendurchmesser (MVD) angegeben. Je kleiner die Durchflussgröße und je größer der Druck, desto geringer wird der MVD und das Feintropfenvolumen steigt. Tropfen kleiner 125  $\mu\text{m}$  besitzen zwar ein hohes Bedeckungspotential, erreichen aber eine schlechte Durchdringung der Zielbestände und sind zudem stark abdriftgefährdet.

LANDERS et al. (2000) bemerken, dass ein Tropfen mit dem doppelten Durchmesser im Vergleich zu einem zweiten viermal so viel Fläche und achtmal soviel Volumen besitzt, was diesen Effekt hervorruft. Der MVD von Injektordüsen liegt bei 250 µm bis 350 µm. KOCH (2005) stellt fest, dass der große Sprühtropfen, der aus einer Injektordüse auf die Zielfläche trifft, aufgrund seines höheren Gasanteils zerplatzt und der Benetzungsgrad der zu schützenden Reborgane steigt. Neben der mittleren Tropfengröße spielt vor allem der 10 %-Volumendurchmesser, der den besonders abdriftgefährdeten Feintropfenanteil quantifiziert, eine entscheidende Rolle. Er sollte in jedem Falle deutlich über 100 µm liegen (BÄCKER und KOCH, 2009).

### **Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Abdriftverminderung und Mittelreduzierung**

Technische Zusatzeinrichtungen von Pflanzenschutzgeräten eröffnen nach BÄCKER (1993) eine weitere Möglichkeit zur Verringerung des Abdriftpotenzials bei gleichzeitiger Mitteleinsparung. Zu nennen sind Sensortechnik zur Erkennung und Aussparung von Bestandslücken und Recyclingtechnik zur Rückführung nicht angelagerter Flüssigkeitsanteile.

Nach den Untersuchungen von BÖHME (2004) kann über Infrarotsensoren und separat geschaltete Elektromagnetventile jeder Einzeldüse bei gleicher biologischer Wirksamkeit ein um 35 % verringerter Flüssigkeitsbedarf gegenüber dem gleichen Gerät ohne Fehlstellenerkennung erzielt werden.

Die Recyclingtechnik lässt sich auf der Basis des Tunnelspritzverfahrens, des Kollektorverfahrens oder des Reflektorprinzips verwirklichen.

Beim Tunnelspritzverfahren erfolgt die Applikation üblicherweise ohne Trägerluftstrom in einem geschlossenen System aus zwei zeilenübergreifenden Seitenwänden. Beim Kollektorverfahren, das für alle bereits praxisgängigen Pflanzenschutzgeräte in Frage kommt, werden die durchschlagenden Tropfen in der Nachbarzeile über nachgerüstete Abscheideprofile vom Luftstrom getrennt und erneut dem Gerätekreislauf zugeführt. Im Gegensatz zum gebläseunabhängigen Kollektorprinzip benötigt das Reflektorverfahren einen horizontal entgegen der Fahrtrichtung ausgerichteten Luftstrom, wie er beim Tangentialgebläse vorliegt.

Bei modernen Geräten wie dem Lipco Typ GSG (Kap. 4.4.7) ist ein Tangentialgebläse zur Unterstützung des Tropfentransportes in die nach oben hin geöffneten Tunnelwände integriert. Diese Konzeption eignet sich potentiell gut zum Aufbau in

sechs bis acht Teilbreiten an den Steillagengeräteträger und bietet daher eine interessante Gerätealternative.

Je nach Vegetationsstadium können mit Recyclingtechnik nach den Ergebnissen von BÄCKER (1993) Rückgewinnungsraten von bis zu 75 % erzielt werden. Über die gesamte Vegetationsperiode seien Mitteleinsparungen von mindestens 30 % möglich. Unter umwelthygienischen Aspekten stellt die drastische Verminderung der Abdrift jedoch den entscheidenden Vorteil dieser Technik dar.

### **Precision Viticulture**

Besonders bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln bietet die GPS-Technik der Praxis eine wertvolle Hilfe, nicht nur bei der Erfüllung der obligatorischen Dokumentationspflicht (KOCH et al, 2007). Auch ist eine Überwachung und Dokumentation wichtiger Gerätefunktionen wie Spritzdruck, Teilbreitenschaltung sowie Arbeitsgeschwindigkeit denkbar.

Bei einer von KOCH et al (2007) durchgeführten Studie zur Bewertung der PSM-Ausbringgenauigkeit beim Helikoptereinsatz zeigten die Ergebnisse sowohl der GPS- als auch der photogrammetrischen Berechnung übereinstimmend eine maximale seitliche Abweichung der Flugbahn von der Solllinie von  $\pm 1,0$  m. BÖHME (2004) erörterte weitere Anwendungsmöglichkeiten von GPS und GIS Technologien bei der Hubschrauberapplikation und berichtet, dass analog zu den in der Landwirtschaft verwendeten Parallelfahrssystemen Flugbahnen so exakt berechnet werden können, dass auch die Anknüpfungspunkte für den Piloten nach dem Tankvorgang punktgenau zu lokalisieren sind.

### **2.3.5 Gebläsebauarten im Weinbau**

Die Pflanzenschutzmittelapplikation in Raumkulturen wie Obst- und Weinbau erfolgt heute fast ausschließlich mit Gebläseunterstützung im so genannten Sprühverfahren. Das Gebläse nimmt als Bauteilkomponente eines Pflanzenschutzgerätes neben den Zerstäubersystemen eine zentrale Stellung ein. Physiologisch aktive Wirkstoffe müssen im Kontrast zum Ackerbau weitestgehend entgegen der Gravitation in die vertikalen Kulturen transportiert und dort auf allen saisonal ausgebildeten Organen (Triebe, Blätter, Blüten, Früchte) angelagert werden.

Zweck des Gebläses ist nach WALG (2007) die Öffnung der dichten Laubwand, den Transport der Tropfen in das Zielgebiet, die Anlagerung der Tropfen an den Blättern und Trauben sowie die mechanische Reinigung der Traubengerüste.

Nach BÄCKER (2010) werden Windgeschwindigkeiten (WG) von durchschnittlich 10 bis  $14 \text{ m s}^{-1}$  bei Weinbaugebläsen als ausreichend angesehen.

Es gibt drei Grundprinzipien der Erzeugung des Trägerluftstroms: axial-, radial- und tangential. Axiale Lufterzeugung beim Pflanzenschutzgerät im Heckenbau beginnt durch das rückseitige Ansaugen der Luft gegen die Schlepperfahrtrichtung in Achsrichtung des Gebläseläufers und wird nachfolgend axial durch die Rotorblätter beschleunigt. Durch herstellerepezifische Luftleitsysteme wird der Quell-Luftstrom im Innern des Gehäuses im 90 Grad Winkel umgelenkt, auf zwei Teilbreiten verteilt und tritt rechtwinklig zur Laubwand aus (BÄCKER, 2000).

Bedingt durch die Drehrichtung des Rotors entsteht jedoch nach BÄCKER und KOCH (2009) durch den Dralleffekt eine asymmetrische Luftstromgeometrie beider Teilbreiten, die bei modernen Axialgeräten durch geschlossene Luftleitsysteme teilweise kompensiert werden kann. Im Luftstromverhalten zeichnet sich das Axialgebläse durch niedrige Luftgeschwindigkeit jedoch hohe Luftfördermenge aus.

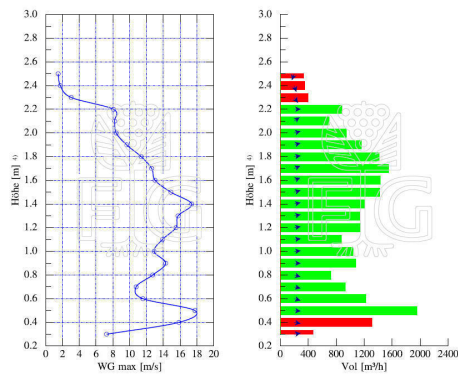
Radialgebläse saugen die Luft in axialer Richtung an und beschleunigen diese in radialer Richtung. Nach der Passage des Rotors formiert sich die Luft im Gebläsemantel zu einer Strömung mit hoher kinetischer Energie, die zur Laubwand hin über Luftkanäle abgeführt wird. Der zudem höhere statische Druck dieser Bauart ermöglicht eine Weiterleitung des Luftstromes und damit eine Freisetzung an beliebiger Stelle, was eine mehrreihige Applikation ermöglicht (WALG, 2007). Eine gezielte Luftstromführung ist im Radialsektor sehr wichtig, um Abdrift zu vermeiden. Entweder wird die Luft durch Schläuche gelenkt, um einen horizontalen Sprühstrahl zu erzeugen, oder es werden schwenkbare, fächerförmige Luftaustrittsöffnungen eingebaut (BÄCKER, 2000). Der Neigungswinkel der einzelnen Fächer kann bei den meisten Geräten manuell verändert werden, um eine möglichst zielobjekt fokussierte Luftstromgeometrie zu erreichen. Im Vergleich zu Axialgebläsen fördern Radialgebläse bei gleicher Leistung geringere Luftmengen mit höherer Geschwindigkeit. Die hohen Luftgeschwindigkeiten verbessern nach BÄCKER (2000) die Penetrationsfähigkeit des Sprühstrahls in schwer zugängliche Zielpositionen. Bei der Bewirtschaftung von Minimalschnittsystemen könnte sich diese Eigenschaft als besonders günstig erweisen, da das tiefere Eindringen in die geschlossene, heckenartige Struktur gefördert werden könnte. Diese Theorie aus der Praxis wurde bislang jedoch noch in keinem Forschungsvorhaben untersucht.

Beim Tangentialgebläse, oder auch Querstromgebläse, saugen vertikal angeordnete, walzenförmige Trommelläufer die Luft an der Vorderseite an, beschleunigen sie und lenken sie tangential zur Seite hin um. Die Luft wird hierbei nicht kanalisiert und kann somit störungsfrei und laminar austreten. Durch die senkrechte Anordnung der Läufer parallel zur Zielfläche entsteht ein horizontaler Luftstrom, der im oberen Bereich scharf abgegrenzt ist. Da keine aufwärts gerichtete Strömungskomponente existiert, kommt es nach WALG (2007) über der Gipfelzone kaum zu einem Wirkstoffaustrag. Tangentialgebläse erreichen bei vergleichsweise geringen Luftgeschwindigkeiten und hohen Luftfördermengen eine zufrieden stellende Applikationsqualität (BÄCKER und KOCH, 2009). Besonders ungünstig für den Steillagenweinbau sind jedoch das hohe Ausladungsgewicht der Läufer und vor allem der hohe Schwerpunkt des Pflanzenschutzgerätes, was eine hohe Kippstabilität des Trägerfahrzeuges fordert (WALG, 2007).

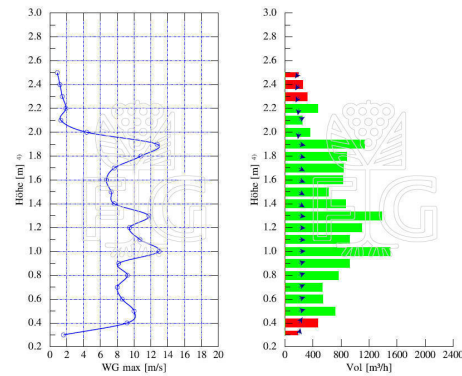
Eine Sonderform der Gebläsetechnik ist die Verknüpfung radialer Lufterzeugung mit der Luftverteilung nach Diffusorprinzip (BÄCKER, 2003). Der Diffusor verlangsamt die Luftströmung durch eine Vergrößerung des Durchflussquerschnittes des Luftkanals und führt zu einem Druckaufbau im Inneren der Gebläsekammer. Somit entsteht eine sehr gleichmäßige vertikale Luftverteilung an den Luftaustrittsöffnungen (Abb. 8). Die erstellten Luftstromprofile gleichen den Profilen von Tangentialgeräten.

Charakteristische Luftstromprofile der praxisüblichen Gerätebauformen mit unterschiedlicher Lufterzeugung wurden in mehreren Forschungsarbeiten (beispielsweise BÄCKER & KOCH, 2009; VOLLMER, 2009) eingehend untersucht und zeigen die in Abb. 5-8 dargestellten Strömungsverhalten. Die verkleinerte Darstellung der unterschiedlichen Luftstromprofile dient nicht der detaillierten Interpretation des spezifischen Gerätetyps, sondern soll zum besseren Verständnis der unterschiedlichen Lufterzeugungssysteme beitragen.

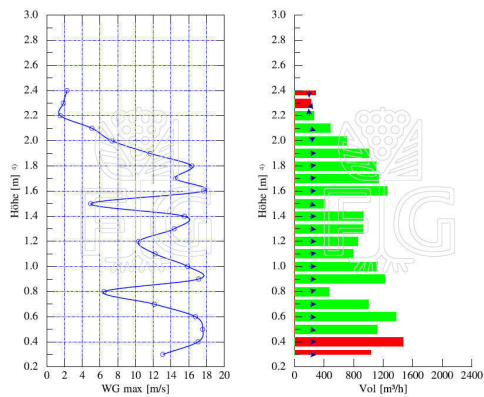
Das in Abb. 7 dargestellte Tangentialgebläse ist eine ältere Version des Weber Gebläses. Es können zwei deutliche Luftabrisse bei 0,5 m und 1,5 m lokalisiert werden. Diese sind konstruktionsbedingt durch die Befestigungsstege der Eingriffsicherung dieser Bauart verursacht. Der Nachteil ist vom Gerätehersteller erkannt worden und existiert bei modernen Geräten nicht mehr. Wenn die Läuferhöhe zwecks Zielgenauigkeit etwas angehoben wird, bildet das Tangentialgebläse ein optimales Luftstromprofil.



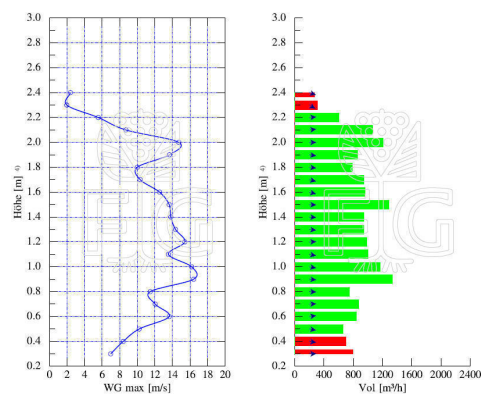
**Abb. 5:** Vertikale Luftverteilung eines Axialgebläses des Typs SZA 24, Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite (Verändert nach Vollmer, 2009).



**Abb. 6:** Vertikale Luftverteilung eines Radialgebläses des Typs GR 40, Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite (Verändert nach Vollmer, 2009).



**Abb. 7:** Vertikale Luftverteilung eines Tangentialgebläses des Typs Weber, Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite (Verändert nach Vollmer, 2009).



**Abb. 8:** Vertikale Luftverteilung eines Radialgebläses des Typs PSV 30 nach Diffusorprinzip, Windgeschwindigkeit (WG) und Luftvolumen (LV) der rechten Gebläseseite (Verändert nach Vollmer, 2009).

### 2.3.6 Ökologische Aspekte

Die wichtigsten Umwelanforderungen für den Pflanzenschutz umschließen die Vermeidung der Kontamination von Boden, Luft, Wasser, Mensch und anderen Kulturen mit hoch wirksamen Substanzen, die nach GANZELMEIER (1993) dafür entwickelt und zugelassen wurden, innerhalb eines definierten Anwendungsbereiches bereits in geringen Konzentrationen die gewünschte Wirkung zu entfalten. Außerhalb ihres Einsatzbereiches sind diese Mittel grundsätzlich unerwünscht und können schädlich wirken.

## **Abdrift**

Bei einer Sprühbehandlung im Wachstum befindlicher Pflanzen in Raumkulturen werden die entsprechenden Wirkstoffe horizontal in deren Standraum verteilt. Ein Teil der meist mit dem Transportmittel Wasser vermischten Produkte erreicht nicht die Pflanzenoberfläche. Diese Stoffe können auf den Boden unterhalb der behandelten Pflanzen niederschlagen (Bodensediment) oder getragen von natürlichem Wind und thermischen Aufwinden in die freie Atmosphäre gelangen (atmosphärische Abdrift) oder durch Verdunstung in Abhängigkeit des wirkstoffspezifischen Dampfdruckes am Zielobjekt zu gasförmiger Kontamination der Atmosphäre führen.

GANZELMEIER (1993) definiert Abdrift als den Anteil der ausgebrachten Präparate- bzw. Wirkstoffmenge, der aufgrund von natürlichen Luftbewegungen aus der behandelten Fläche heraustransportiert wird. Ein Austrag von Wirkstoffen aus der behandelten Fläche über Verdunstung und Auswaschung wird nach dieser Definition nicht der direkten Abdrift zugeschrieben. LANDERS (2002) stellt fest, dass Abdrift ein wichtiges und kostenzehrendes Problem Weinbau treibender Landwirte darstellt. Abgedriftete Wirkstoffe reduzieren gleichzeitig den Blattbelag der Zielpflanze, wobei der Wirkungsgrad herabgesetzt wird.

GANZELMEIER et al. (1995 a) bemerken, dass den Anforderungen des deutschen Pflanzenschutzgesetzes bei der Betrachtung des gerätespezifischen Abdriftpotentials Folge zu leisten ist. Laut §36(1) PflSchG (Novelle 2012) dürfen Pflanzenschutzmittel nur dann zugelassen werden, wenn aufgrund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse keine untolerierbaren Effekte auf die Umwelt erwartet werden. PERGHER & GUBIANI stellten bereits im Jahr 1995 mit steigendem Luftvolumenstrom ein höheres Bodensediment vor allem in der Reihenmitte fest. PEZZI & RONDELLI (2000) berichten als weitere Autoren von einem klaren Einfluss der Intensität des Luftvolumenstromes auf Bodensediment und Abdrift. Ein besonderes Potential bei abdriftmindernden Maßnahmen sieht KOCH (2003) daher in der Reduktion des Trägerluftstromes eines Pflanzenschutzgerätes bei gleichzeitiger Belagsverbesserung.

TRILOFF (2011) fasst in seiner Dissertation trefflich zusammen, dass Abdrift weitestgehend von der Kulturhöhe und deren Belaubungszustand, der Intensität und dem Strömungsbild des Luftvolumenstromes des Sprühgerätes, der Gebläsetechnik und Geräteeinstellung, der Tropfengröße sowie der Geschwindigkeit des natürlichen Windes bestimmt werden.



### 2.3.7 Angewandte Messmethoden

Tabelle 2 veranschaulicht die möglichen Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung eines Pflanzenschutzgerätes für die anwendungsbezogene Forschung und die Anerkennungsprüfung neuartiger Pflanzenschutzgeräte. Im ersten Schritt einer Geräteuntersuchung wird die Betrachtung der **primären Kriterien** (Applikationskenngrößen des Gerätes) vorgenommen. Die am Pflanzenschutzgerät messbaren Kenngrößen unterliegen physikalischen Messverfahren und können als technische Gerätekenngößen zusammengefasst werden. Diese Leistungskriterien sind verpflichtend für die Anerkennungsprüfung.

Die **sekundären Kriterien** umfassen die Applikationsqualität am Zielobjekt Rebe und die Auswirkung auf deren Umgebung. Die zu schützenden Reborgane werden untergliedert in Blätter, Beeren und Stielgerüste. Im Fokus der Messungen steht der auf den Pflanzenteilen erzeugte Initialbelag und in negativer Korrelation der Wirkstoff, der das Zielobjekt verfehlt, die Abdriftdisposition.

Die **tertiären Leistungskriterien** tangieren die biologische Leistung, die eine Pflanzenschutzstrategie mit einem spezifischen Gerät aufbringen kann. Mit Hilfe von phytopathologischen Untersuchungen und Bonituren am Zielobjekt wird die Befallsdisposition eines bestimmten Schaderregers analysiert. Zu den tertiären Kriterien könnten auch Quantitäts- und Qualitätsparameter eines Rebstocks gezählt werden.

**Tab. 2:** Angewandte Methoden zur Charakterisierung der Applikationsqualität unterschiedlicher Sprühgebläse im Weinbau (Eigene Darstellung. Quellen: GANZELMEIER et al., 1995; BÄCKER & STRUCK, 2002; BÄCKER & KOCH, 2009)

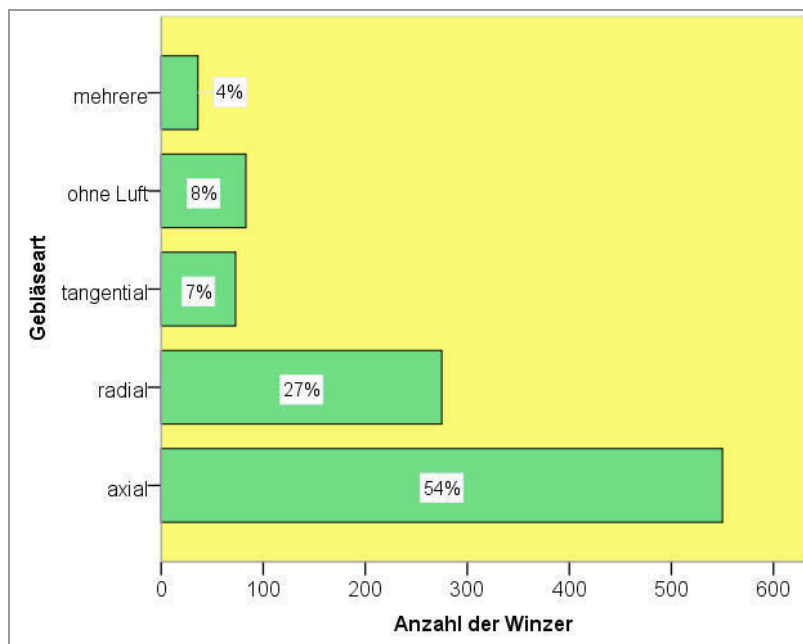
Leistungskriterium	Methode	Messtechnik	Erlangte Größen	
<b>Primär</b> (am Gerät messbar)	<b>Leistungsmessung</b>	Drehmomentmesswelle Öldruck- und Durchflussmesser	Schlepper-Leistungsbedarf bei Gebläsebetrieb (kW)	
		<b>Tropfengrößenmessung</b>	Laserdiffraktion	Tropfendurchmesser ( $\mu\text{m}$ )
		<b>Luftprofilmessung</b>	Luftstrommessstand	Luftgeschwindigkeit ( $\text{m s}^{-1}$ ) Luftvolumen ( $\text{m}^3 \text{h}$ )
		<b>Flüssigkeitsvertikalverteilung</b> a) im Stand	Vertikalverteilungsmessstand (Indoor – Testmedium Wasser)	Flüssigkeitsverteilung in % 30 cm – 300 cm
b) während der Fahrt	Messbahn mit Filterpapierstangen (Freilandversuche mit Farbstofftracer)	Flüssigkeitsverteilung in % 30 cm – 300 cm		
<b>Sekundär</b> (am Objekt messbar)	<b>Blattbelagsmessung</b>	Blattbeprobung Ober- und Unterseite (Freilandversuche mit Farbstofftracer und digitale Bildanalyse)	Blattbelag ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) Bedeckungsgrad (%) Tropfendichte ( $\text{cm}^{-1}$ )	
		<b>Penetrationsverhalten</b> („Eindringverhalten“)	Penetrationsmessstand zur reproduzierbaren Imitation der Laubwanddichte mit Farbstofftracer	Belagsmasse in % der Gesamtfläche 60 cm – 200 cm
		<b>Abdriftmessung</b> a) sedimentativ	Auffangen der abgedrifteten Tropfen auf einer angrenzenden Freifläche (Freilandversuche mit Farbstofftracer)	Bodensediment in % der Aufwandmenge
b) atmosphärisch	Vertikal-Messbahn mit Filterpapieren	Atmosphärische Abdrift (%)		
<b>Tertiär</b> (biologische Leistung)	<b>Untersuchung der biologischen Wirksamkeit</b>	Bonitur der Schaderreger	Befallshäufigkeit (%) Befallsstärke (%) Wirkungsgrad (%)	

## 2.4 Applikationstechnik in unterschiedlichen Weinbergsgeländen

Durch die wechselnden Hangneigungen, die in verschiedenen Weinbergslagen vorliegen, haben sich dort auch angepasste technische Möglichkeiten zur Applikation von PSM etabliert, um einen ausreichenden Pflanzenschutz gewährleisten zu können. In diesem Kapitel werden die spezifischen Geräte für den Direkt- und Seilzug gesondert betrachtet, da im Steilhang meist Spezialmaschinen eingesetzt werden müssen.

### 2.4.1 Pflanzenschutz im Direktzug

Bei der Applikationstechnik im Direktzug finden alle Arten der Luftherzeugung Anwendung. Das reine Axialgebläse hat aufgrund seiner einfachen Konstruktion sowie günstiger Anschaffungskosten bislang die höchste Verbreitung in der Praxis (CROSS et al., 1997). Nach einer Umfrage (vgl. Kap. 5) dominiert das Axialgebläse anteilig mit der Hälfte aller eingesetzten Geräte, gefolgt vom Radialgebläse mit ca. einem Drittel Marktanteil (vgl. Abb. 9). Tangentialgeräte nehmen mit ca. 7 % Vorkommen eine Sonderstellung ein, da der Anschaffungspreis deutlich höher ist. Geräte ohne Luftunterstützung sind bis auf wenige Kleinbetriebe, die Rückenspritzen verwenden, dem Tunnelsprühgerät des Herstellers Lipco zuzuordnen.



**Abb. 9:** Verteilung der Gebläsearten für den Pflanzenschutz in Direktzugbetrieben. (VOLLMER, 2012: Unveröffentlichte Arbeit aus dem „Zwischenbericht der Forschungsergebnisse 2012“ am Institut für Technik, Hochschule Geisenheim).

## **Mehrreihige Pflanzenschutzsysteme**

Pflanzenschutzgeräte, die unter Verwendung von Überzeilengestängen über die Fahrgasse hinaus applizieren, bieten große arbeitswirtschaftliche Vorteile.

Die Steigerung der Flächenleistung durch den Einsatz mehrreihiger Geräte verläuft weitgehend proportional mit der Anzahl der Teilbreiten. Bei dem häufigsten in der Praxis genutzten Überzeilengerät mit vier Teilbreiten können nach den Untersuchungen von BÄCKER (2000) 1,5 bis 1,8 ha h<sup>-1</sup> besprüht werden, bei sechs Teilbreiten sind es bis zu 2,5 ha h<sup>-1</sup> und ein Geräteträger mit acht Teilbreiten bewältigt 4 ha h<sup>-1</sup>. Die letztgenannten effektiven multifunktional einsetzbaren Trägerfahrzeuge der Fabrikate Clemens oder Pellenc werden ausschließlich im Direktzug saisonbedingt als Pflanzenschutzgeräte, Entlauber, Laubschneider, Kompoststreuer und Ernter eingesetzt.

Einer Umfrage zur Folge (vgl. Kap. 5) verwenden 30 % der Direktzugwinzer Überzeilentechnik, im Steillagenweinbau sind es nur etwa 6,5 %. Die meisten Techniken sind nicht an steilere Geländeformen adaptiert.

Die technische Ausführung der Überzeilentechnik ist in vielfältiger Weise in der Praxis zu finden. Die Grundfrage, ob überzeilig mit oder ohne Luftunterstützung gearbeitet werden sollte, konnte nach mehrjährigen Ergebnissen positiv für die Luftunterstützung entschieden werden. Trotz vielfacher Expertenmeinung (BÄCKER, 1999; GEYRHOFER, 2010; KNEWITZ et al., 2012), die provisorisch angebaute Überzeilengestänge in Leichtbauweise ohne Luftunterstützung als eher fraglich und in der Benetzung als suboptimal einstufen, verwenden heute noch laut Umfrage ca. 40 % der Winzer mit Überzeilengeräten diese unprofessionelle Bauform der Überzeilentechnik.

Qualitative Ausnahmen bei der gebläselosen Überzeilentechnik bilden Tunnelspritzgeräte des Herstellers Lipco mit Recyclingkreislauf, die ohne Luftunterstützung arbeiten und deren Belagsmassen von SCHWEDHELM (2006) als positiv eingestuft wurden.

Mehrreihige Pflanzenschutzgeräte mit Luftunterstützung funktionieren nach den Ausführungen von BÄCKER (2000) alternativ nach dem Prinzip der zentralen oder dezentralen Luftstromerzeugung. Bei der zentral installierten Luftstromquelle auf dem Trägerfahrzeug eignet sich nur das Radialgebläse. Es ist in der Lage, einen konstanten, druckstabilen Luftstrom mit hohen Luftgeschwindigkeiten zu erzeugen und diesen über Schlauchleitungen in die Außenteilbreiten zu transportieren.

Aus dem geringen konstruktiven Aufwand resultieren relativ leichte Ausleger.

Bei Trägerfahrzeugen sind bis zu acht Teilbreiten denkbar, beim Nachläufer bis zu sechs. Nachteilig seien nach BÄCKER (2000) Luftleistungsverluste durch den Transport des Luftstroms, sowie der relativ hohe Leistungsbedarf des Gebläses.

Geräte, die mit dezentraler Luftstromerzeugung mit Positionierung am Austrittsort arbeiten, sind im Gegensatz zu den Geräten mit zentraler Luftstromerzeugung nicht an eine bestimmte Gebläseart gebunden.

Dezentral sitzende Gebläsekörper verursachen keinen Leistungsverlust, weil der Luftstromtransport in Kanälen oder Schläuchen entfällt. In negativer Hinsicht stehen dem aber ein hoher konstruktiver Aufwand, hohe Ausladungsgewichte und eine eingeschränkte Geländegängigkeit gegenüber (BÄCKER, 2000).

Die Praxis verwendet neben dezentralen Axialgebläsen auch mehrzeilige Pflanzenschutzgeräte mit Tangentialgebläsen, diese sind jedoch nur bedingt in Seitenhängen und schwierigem Terrain einsetzbar.

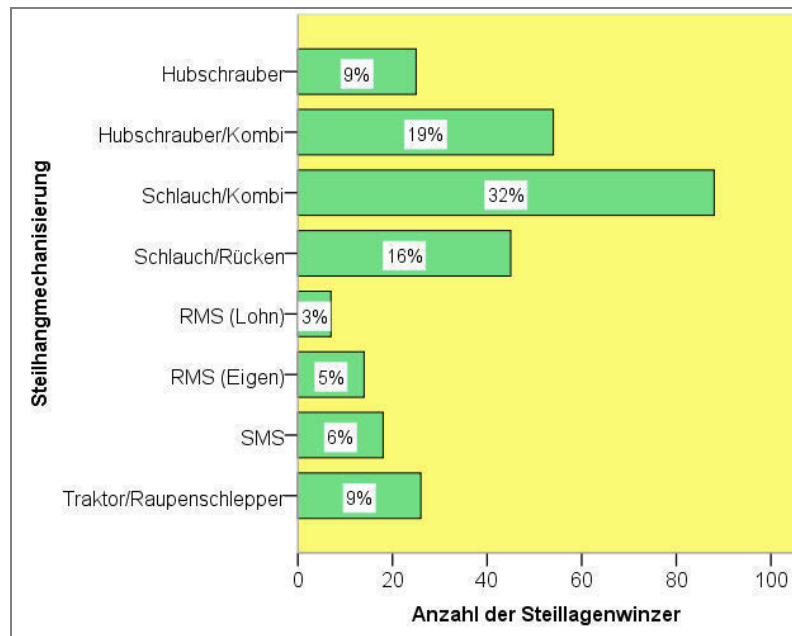
Neu auf dem Markt ist die Kombination von mitteleinsparender Technik und Tangentiallüftern. Der Hersteller Lipco entwickelte ein gezogenes, zeilenübergängendes Gerät mit Recyclingvorrichtung. Mit dieser Technik können bis zu acht Teilbreiten appliziert werden. Dezentrale Radialgebläse, auch solche mit Diffusorprinzip, sind bislang nicht auf den Gerätelisten der Hersteller zu finden.

### **2.3.3 Pflanzenschutz im Seilzug**

Im Vergleich zu den Direktzuganlagen gestaltet sich das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln bei Steillagen wesentlich schwieriger (BÄCKER, 1984). Probleme entstehen bereits beim Mitführen der Spritzbrühe in der Anlage, wobei gewichtsbedingt meist nur kleine Tankgrößen mit 100-200 L Volumen existieren oder die Brühe über Schlauchleitungen extern der Pflanzenschutzeinheit zugeführt wird. Im Direktzug werden Nachläufergeräte mit teilweise zehnfach höherem Behältervolumen durch die Zeilen bewegt, um die Tankzeit zu verkürzen (BÄCKER, 2000). Die Größe des Tankinhaltes wird meist durch den Steigungswinkel und das Vorgewende der Weinberge sowie durch die Leistung des Zugfahrzeuges limitiert.

Auf Abb. 10 ist die Verteilung der Pflanzenschutzmethoden der Weinbaubetriebe dargestellt, die bei einer repräsentativen Umfrage (vgl. Kap. 5) vorwiegend Flächen größer 40 % Steigung bewirtschaften. Die Bezeichnung „Kombi“ wird dann verwendet, wenn neben dem angegebenen Verfahren noch andere Pflanzenschutz-

techniken verwendet werden. Zusammengefasst sind 28,5 % der Betriebe ganz oder teilweise auf die Hubschrauberspritzung angewiesen, 48 % greifen unter anderem zur Schlauchspritzung, 6,5 % arbeiten mit Seilzugfahrzeugen und 16,5 % der Betriebe betreiben direktzugähnliche Mechanisierungslösungen, wenn Schmalspurschlepper mit Hangtauglichkeit und RMS-Systeme als Einheit betrachtet werden.



**Abb. 10:** Pflanzenschutzsysteme im deutschen Steillagenweinbau. Bei Nennung weiterer Systeme für den Pflanzenschutz neben der Hauptmechanisierungsart wird der Begriff „Kombi“ verwendet. Die Rückenspritze (Rücken) wird dem gezogenen Spritzschlauch (Schlauch) gleichgesetzt. RMS-Geräte werden oftmals vom Lohnunternehmer (Lohn) oder alternativ vom eigenen Unternehmen (Eigen) betrieben (VOLLMER, 2012: Unveröffentlichte Arbeit aus dem „Zwischenbericht der Forschungsergebnisse 2012“ am Institut für Technik, Hochschule Geisenheim).

### Schlauchspritzung

Die Schlauchspritzanlage besteht aus einem Rührwerk-Brühbehälter mit einer zapfwellenbetriebenen Kolbenpumpe, einer oder mehreren Schlauchtrommeln und einer am Schlauchende installierten Spritzpistole. Diese wird über ein Momentabsperrentil bedient und ist mit einer Dralldüse mit veränderbarem Spritzwinkel ausgestattet (BÄCKER, 1984). Der bis zu 150 m lange Schlauch wird von einer Person durch die Anlage gezogen, die zweite Person bedient die Schlauchtrommel (MÜLLER et al., 1999). In einigen Extremlagen kann der Arbeitszeitbedarf für eine Behandlung nach MÜLLER so bis zu 48 AKh ha<sup>-1</sup> betragen.

Der außerordentlich hohe Brüheaufwand von 2.000 bis 3.500 L ha<sup>-1</sup> gegenüber 500-600 L ha<sup>-1</sup> im Sprühverfahren steht seit Jahren in der Kritik. Infolge der hohen

Trägerflüssigkeitsmengen würden durch das Abfließen der Brühe von der tropfnassen Laubwand laut BÄCKER (1984) hohe Bodenverluste verursachen.

Seit 2007 sind Schlauchspritzgeräte dennoch auch ohne BBA-Anerkennung in die 75 % verlustmindernde Gerätekategorie eingestuft worden. Doch die relativ hohe Abdrift und die Abstandsauflagen der verschiedenen Pflanzenschutzmittel zu Gewässern stellen laut KNEWITZ (2007) dieses schlecht zu kontrollierende Verfahren in kleinparzellierten Weinbergen weiterhin in Frage.

### **Selbstlenkendes Sprühgerät**

Bei diesem eher seltenen Verfahren wird nach der Beschreibung von MÜLLER et al. (2008) ein selbststeuernder Spritzwagen der Firma Schenk von einem umgebenden Metallbügel an den Stöcken entlang geführt und vom Brühfass am Wegrand über eine Schlauchleitung mit Applikationsflüssigkeit versorgt. Der zugfeste Spezialschlauch ist zugleich die Seilwinde zur Fortbewegung des Sprühgerätes im Hang. Das System funktioniert im Ein-Mann-Verfahren, da auch das Umsetzen in die nächste Zeile mit einem hydraulisch betriebenen Schlepperausleger erfolgen kann.

### **Geräteträger- und Raupensysteme**

Die in Kap. 4.3 beschriebenen Mechanisierungssysteme SMS und RMS werden unter anderem für den Anbau von Aufsattel-Pflanzenschutzgeräten genutzt. Besonders die leistungsschonende Axialgebläse-Bauform findet hierbei laut Umfrage (Kap. 5) ihre Anwendung, meist jedoch mit unzureichender Luftstromführung (BÖHME, 2003). In der Literatur gibt es bislang keine Ergebnisse bezüglich der Verteilgenauigkeit dieser Sonderlösungen, daher sollen diese in der vorliegenden Arbeit näher betrachtet werden.

Beim RMS ermöglicht das Zapfwellengetriebe den Einsatz leistungsfähiger Standardsprühgeräte aus dem Direktzug und somit das Einbeziehen moderner Applikationstechniken mit gleichmäßigeren Luftverteilungsprofilen. Ein auf dem Transportanhänger mitgeführter Brühbehälter erzielt eine zeitsparende Betankung während des Umsetzvorgangs des RMS. Durch die um 2 bis 3 km h<sup>-1</sup> gesteigerte Fahrtgeschwindigkeit des RMS gegenüber dem SMS werden Zeiteinsparungen von bis zu 33 % erzielt (PORTEN und SCHWARZ, 2008).

## Hubschrauber

Die Behandlung von Reben aus der Luft ist die arbeitswirtschaftlich effizienteste Methode des Pflanzenschutzes. Je nach Hubschrauberbeschaffenheit können zwischen 300 und 400 L im installierten Brühetank transportiert werden. So können ca. 2,5 ha in einem Flug behandelt werden (WALG, 2007).

Allerdings äußern mehrere Fachautoren Bedenken zum Behandlungserfolg von Hubschrauberspritzungen. Nach den Erkenntnissen von TREIS (2010) reicht der Schutzeffekt der Hubschrauberspritzung bei schwachem Befallsdruck aus, bei starkem Krankheitsauftreten müssen die Spritzabstände verringert werden. Die Spritzung in das empfindliche Stadium der abgehenden Blüte sollte daher bodenseitig durchgeführt werden. Auch BÖHME (2003) bemerkt, dass der pflanzenbauliche Effekt des luftseitigen Pflanzenschutzes im Ausmaß einer vollkommenen Schutzwirkung höchst zweifelhaft sei.

Optisch betrachtet wird durch die senkrechten Strömungen der Rotorblätter die nach innen gerichtete bogenartige Verwirblung des Sprühnebels beim Applizieren von PSM aus der Luft als Abdrift wahrgenommen (SCHWAPPACH, 2006). Dies war einer der Gründe, warum der Pflanzenschutz mit Luftfahrzeugen nun grundsätzlich verboten wurde (Kap. 2.1.3).

BÄCKER et al. (2007) führten als Gegenbeweis eine umfangreiche Abdriftstudie in Zusammenarbeit mit Bayer CropScience in den Jahren 2004 bis 2005 in der Champagne in Direktzuglagen durch. Die Ergebnisse wurden im Jahr 2006 durch ergänzende Messungen unter Steillagenbedingungen an der Mosel gefestigt. Beide Studien belegten, dass das Abdriftpotential in etwa mit dem bodengängiger Verfahren vergleichbar ist, vorausgesetzt, es kommen Injektordüsen als Zerstäubersysteme zum Einsatz und es werden ausschließlich geschulte Piloten bei günstiger Witterung eingesetzt.

SCHWAPPACH (2006) führte im Jahr 2005 zeitgleich eine Umweltverträglichkeitsstudie durch. Er erbrachte den Nachweis eines möglichen Eintrags von PSM auf Nichtzielflächen mit flüssigkeitssensiblen Teststreifen. In vivo dienten ihm weinbergnahe Flechten (*Tonnio-psoretum-decipientis*), die als sensible Bioindikatoren fungieren. SCHWAPPACH stellte fest, dass alle Teststreifen außerhalb der Weinberge auch in fünf Meter Nähe unverändert blieben. Die Untersuchungen der Flechten zeigten auch langfristig keine farblichen oder mutationsähnlichen Veränderungen, die auf einen Einfluss von PSM hinweisen könnten.

Zuvor genannte Untersuchungen widerlegten die Vermutung einer zu hohen Umweltbelastung durch die Hubschrauberapplikation von Pflanzenschutzmitteln, doch der Verbotssparagraph wurde dessen ungeachtet in Kraft gesetzt.

Die Verblasetechnik mit Großraumsprühgeräten zur Applikation vom Wegesrand aus soll hier nur der Vollständigkeit halber genannt werden. Dieses Verfahren ist nur noch für wenige Weinberge zugelassen und kann somit allgemein vernachlässigt werden.

Bei Betrachtung der in diesem Kapitel beschriebenen praxisrelevanten Steillagenapplikationsmethoden wird deutlich, dass aktuell kein effektives, Ressourcenschonendes und vor allem allgemein zugelassenes Pflanzenschutzgerät in Seilzuglagen existiert, das den Verfahren im Direktzug gleichgesetzt werden kann. Besonders die mehrreihige Pflanzenschutztechnik mit Luftunterstützung gilt es in Hanglagen zu transferieren.

### 3 Literaturübersicht zur Pflanzenschutzerhebung

Erhebungen sind systematische und gezielte Aktivitäten zur Beschaffung von Informationen, aus denen statistische Daten gewonnen werden können. Eine Vollerhebung würde die Befragung der kompletten Grundgesamtheit bedeuten. Zur Grundgesamtheit gehören alle Personen, auf die zuvor definierte Untersuchungskriterien zutreffen. Die häufigere Form der Teilerhebung untersucht lediglich eine Stichprobe der Grundgesamtheit (ATTESLANDER, 2008). In der Regel wird eine Stichprobe als repräsentativ bezeichnet, wenn sie ein „adäquates Abbild“ der Grundgesamtheit liefert (HEYDE, 1999). Das Statistische Bundesamt formulierte dies noch detaillierter: „Eine Teilmasse heißt repräsentativ, wenn sie in der Verteilung aller interessierenden statistischen Merkmale der Gesamtmasse entspricht, d.h. ein verkleinertes oder sonst wirklichkeitsgetreues Abbild der Gesamtheit darstellt“ (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1960 in KUTSCH, 2007). Nur bei Erfüllung dieser Voraussetzung ist die Möglichkeit zur verzerrungsfreien Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf die Grundgesamtheit möglich. Ist dies gegeben, ist eine Verallgemeinerung von Auswertungsergebnissen, die lediglich auf einer Stichprobe beruhen, für die Grundgesamtheit zulässig (ATTESLANDER, 2008).

Bei Umfragen handelt es sich im Allgemeinen um quantitative oder qualitative Erhebungen, bei denen sich Personen zu einem Erhebungsgegenstand äußern. Eine Auskunftsperson wird dabei durch eine Reihe gezielter Stimuli (Vorlagen) zu Informationen über den Erhebungsgegenstand veranlasst. Die Befragung erfolgt mündlich, schriftlich, telefonisch, computergestützt oder medial (PEPELS, 1997).

Zur empirischen Untersuchung von aktuellen Strategien im Pflanzenschutz wird in dieser Arbeit eine computergestützte Form der Teilerhebung mittels „Online-Umfrage“ gewählt. Die Vorgehensweise zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung besagter Umfrage sind in Kap. 5 näher erläutert.

Die Online-Umfrage hat ihre Ursprünge und größte Verbreitung in der Marktforschung, die über sogenannte interaktive Online-Feedbacksysteme betrieben wird. Über erste Aufkommen dieser Methodik berichtet DUBKE bereits im Jahre 1983 bezüglich der Möglichkeit zur Onlinebefragung unter Einsatz von btx, heute t-online. Ein erster umfassender Erfahrungsbericht von Online-Befragungen wurde von PÖTSCHKE und SIMSON (2001) verfasst. Die Autoren stellten fest, dass diese Methode

keine völlig neue Erhebungsmethode sei, sondern eine neuartige Technik der Übertragung des Fragebogens. Sie erreicht den Teil der Bevölkerung, der elektronisch ansteuerbar ist und stellt somit die Nachfolge postalischer Verbreitung dar.

Bei der Verwendung einer speziell programmierten Umfragesoftware wird ein Direktlink an die potentiellen Probanden versendet. Die rekrutierten Umfrageteilnehmer können somit den auf einem Server abgelegten Fragebogen zu einem spezifischen Thema im Internet online ausfüllen (KUTSCH, 2007). Die simultane Auswertung in Echtzeit ermöglicht es dem Autor, während der laufenden Umfrage potentielle Fehlerquellen aufzudecken. Anschließend besteht meist die Möglichkeit, die gespeicherten Daten in Excel<sup>TM</sup> zu exportieren oder als CSV-Datei herunterzuladen und mit einem Statistikprogramm, beispielsweise SPSS® oder PASW Statistics<sup>TM</sup>, weiter zu bearbeiten.

Die Durchführung von Umfragen im Internet bietet sich auf Grund vieler Vorteile an. Es ist schnell, kostengünstig, interaktiv, weltweit und bietet Übertragungsmöglichkeiten in Wort, Bild und Ton (KUTSCH, 2007). Laut HÜTTNER (1997) stellt die Online-Umfrage zwar eine billige Erhebungsform dar, die dennoch zu wissenschaftlich verwertbaren Ergebnissen führt.

Die oftmals hohe Abbrecherquote in Online-Befragungen wird als Dropout bezeichnet (BIRNBAUM, 2004). THIELSCH und WELTZIN (2009) berichten, dass 50 % Abbrecher auf der ersten Seite ziemlich genau dem Durchschnitt aller Online-Befragungen entsprechen, die bei Internet-Anbietern durchgeführt werden.

Eine Teilnahmequote von 5 % bis zum Schluss sei bei einer Online-Befragung schon als erfolgreich einzustufen. Die durchschnittliche Beendigungsquote bei Online-Umfragen läge bei 10-20 % (HERRMANN & HOMBURG, 1999).

Die Befragungsstrategie verläuft bei Onlineumfragen wie auch bei postalischen Umfragen standardisiert. Fragenabfolgen und Wortwahl sind nicht veränderbar und so stellte BEHRENS (1966) fest, dass somit die Variationsfreiheit des Interviewers nicht gegeben ist.

Die Ergebnisse können außerdem sofort gewonnen werden, da die ausgefüllten Fragebogen nicht kodiert und übertragen werden müssen. Es werden Fehler vermieden, die anderweitig durch Medienbrüche entstehen können, wie bei der Übertragung mündlich oder schriftlich gewonnener Daten in den Computer. Aufgrund der durchgängigen Nutzung eines einzigen Mediums steigt die Datenqualität. Auch für die Teilnehmer entstehen diverse Vorteile von der flexiblen zeitlichen Durchführung

der Auskunftserteilung (beim Face to Face Interview sehr beschränkt), bis hin zur verbesserten Wahrung der eigenen Anonymität. Jeder Proband kann sich in Abhängigkeit seines Zeitbedarfs durch die Fragen klicken (SCHNELL et al., 1999). Dies ist besonders bei sonst schwer zu erreichenden Berufsgruppen wie Winzern oder Landwirten von großem Vorteil.

Eine Untersuchung der Determinanten der Teilnahmebereitschaft an internet-basierten Fragebogenuntersuchungen von BOSNJAK und BATINIC (1999) bietet eine Zusammenfassung der Motive für das Ausfüllen eines Online-Fragebogens, nach Priorität geordnet. Nach statistischer Auswertung per Friedmanntest von insgesamt 476 Testteilnehmern sei die Neugier die höchste Motivation, die zum Ausfüllen animiert, gefolgt von dem Wunsch, einen Beitrag für die Forschung zu leisten. Im Folgenden wird das Verlangen nach Selbsterkenntnis und erst zum Schluss der materielle Anreiz genannt. Diese Erkenntnisse führen zu der Notwendigkeit, dass die teilnehmerrelevanten Vorinformationen aus Motivationsgründen in einen gut formulierten Eingangstext eingebettet werden müssen.

Im Hauptteil eines Fragebogens werden die erhebungsrelevanten Gegenstände dem Probanden als so genannte Items präsentiert. Ein Item ist der Oberbegriff für eine Frage, eine Aussage oder eine Aufgabe innerhalb des Fragebogens, welches die Auskunftsperson zu einer Reaktion veranlassen soll. Die Items sollten nach MUMMENDEY 1995 unter anderem einfach, klar, direkt und unmissverständlich formuliert sein und die Anzahl der Items ist auf das nötigste Maß zu beschränken. Laut GRÄF (1999) nimmt mit der Länge des Fragebogens die Abbrecherquote zu und die Antwortqualität nach einer gewissen Zeit ab. Der Befragte ermüdet, wird unaufmerksam, desinteressiert, abgelenkt und unkonzentriert. Als Faustformel kann nach GRÄF (1999) gelten, dass Umfragen, die mehr als 15 bis 25 Fragen enthalten und zehn Minuten Bearbeitungszeit deutlich überschreiten, zu lange sind. PÖTSCHKE und SIMSON (2001) hingegen legen dar, dass der maximale Umfang eines Fragebogens 50 bis 60 Items umfassen sollte, dies sei allerdings stark vom Engagement der Zielgruppe abhängig.

KLEBER (1992) stellte ergänzend noch die Forderung auf, dass die Fragestellung und Antwortformulierung an die betroffene Zielgruppe angepasst sein muss, um eine Überforderung der befragten Personen zu vermeiden.

Es gibt unterschiedliche Arten, eine Frage zu formulieren. Grundsätzlich seien für Online-Befragungen nach Meinung verschiedener Autoren der Markt- und Sozialwirtschaft (siehe bspw. ATTESLANDER, 2008, HÜTTNER, 1997, BÜHNER, 2006, MOOSBRUGGER & KELAVA, 2007 und PORST, 2008) die gleichen Regeln hinsichtlich der Item- und Fragebogenkonstruktion wie für Offline-Befragungen zu beachten.

Bei geschlossenen Fragen sind die Antwortkategorien vorgegeben. Der Befragte bewegt sich also in einem definierten fixen Raster, bei dem, sofern erforderlich, Mehrfachantworten möglich sind. Die Auswertung ist dementsprechend einfach vorzunehmen (ATTESLANDER et al., 1993).

Bei offenen Fragen kann der Befragte frei seine Antwort, Einstellung oder Überzeugung formulieren und wird nicht durch vorgegebene Antwortmöglichkeiten in ein Raster gezwungen (ATTESLANDER et al., 1993). Diese Frageform traut dem Proband eine differenzierte Selbstwahrnehmung, Ausdrucksfähigkeit, Motivation und Ehrlichkeit durchaus zu. (GERL, 1983).

BEYWL und SCHEPP-WINTER (2000) bemerken hierzu, dass die offene Frageform für ungeübte Wissenschaftler sehr schwer auszuwerten sei. Dies läge laut HÜTTNER (1997) an der differierenden Auffassungsgabe und Ausdrucksweise des Betrachters, was eine variable Antwortformulierung zur Folge hat.

Skalen bzw. Ratings stellen hierbei eine besondere Methode zum Einschätzen von Sachverhalten bzw. Personeneigenschaften dar (vgl. KLEBER, 1992).

Skalen wurden in der getätigten Pflanzenschutzumfrage zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Laubwand in Abhängigkeit von der angewendeten Pflanzenschutzstrategie verwendet. Auch für die sehr emotional behaftete Thematik zur Beurteilung der Zukunftsfähigkeit des Steillagenvollernters als multifunktionaler Geräteträger wurde bewusst eine Rating-Schiebeleiste verwendet.

Eine Skalenbreite von sieben bis elf Stufen ist meist vorzufinden. Nach KLEBER (1992) wird jedoch durch zu differenzierte Skalen nur eine Scheingenauigkeit vorge-täuscht, denn in Wirklichkeit kann der Befragte die Stufen dann nicht mehr sicher voneinander abgrenzen.

### **Empirische Umfragen zum Thema Pflanzenschutz im Weinbau**

Bislang gibt es keine statistischen Erhebungen zum Thema Pflanzenschutzstrategien im Weinbau, die sich explizit mit der Erfassung unterschiedlicher Betriebsstrukturen in Verbindung mit der existierenden Pflanzenschutztechnik, der individuellen Anwendungstaktik und der Erfolgsquote der durchgeführten Maßnahmen im Direktzug und im Steillagenweinbau beschäftigen. Die von der BBA durch ROßBERG & IPACH (2007) durchgeführte NEPTUN-Umfrage im Jahr 2006 erfasste zwar die Pflanzenschutzmittel und einzelnen Wirkstoffgruppen, die in der Weinbaupraxis Verwendung finden, ging dabei aber nicht auf die verwendete Gerätetechnik ein und vernachlässigte die individuelle Betriebsstruktur.

In früheren BBA-Berichten wurde bei einer Umfrage im Jahr 1995 verstärkt die Behandlungshäufigkeit der Pflanzenschutzanwendung thematisiert und diese bei allen Maßnahmen nach GANZELMEIER et al. (1995 b) mit durchschnittlich 9,81 Behandlungen pro Vegetationsperiode beziffert. Besonders interessant fanden die Autoren in diesem Zusammenhang jedoch nicht nur die Anzahl der Behandlungen, sondern auch die Applikationsabstände, die eine erhebliche Auswirkung auf die Wirksamkeit der Mittel haben. Wenig in der Literatur spezifiziert ist, wie weit der Spritzabstand maximal gewählt werden kann, um bei konventioneller oder ökologischer Wirtschaftsweise noch den ausreichenden Schutz zu gewährleisten. Um Probleme und Schwachstellen des ökologischen Weinbaus in Deutschland aufzuzeigen, führten KAUER et al. (2002) eine Erhebung durch. Diese spezifische Umfrage hatte jedoch ausschließlich die ökologische Wirtschaftsweise im Fokus und war mit einer Teilnehmerzahl von 150 Weinbaubetrieben nicht repräsentativ.

Verschiedene jahresspezifische Umfragen wie die Oidiumumfrage von HILL (1995) bezogen sich auf den Pflanzenschutz in konkreten Weinjahren mit nur einem Krankheitstypus und untersuchen keinen mehrjährigen Erfassungszeitraum.

Die sehr spezifizierende Art der bereits erfolgten Erhebungen führte dazu, eine aktuelle und praxisnahe Umfrage zu den Pflanzenschutzstrategien im Weinbau zu entwickeln und anbaugebietsübergreifend zu verteilen. Ein Sonderteil dieser Umfrage tangiert ausschließlich die Steillagenbetriebe. Die dort erfragten Themen zur Flächencharakteristik, Mechanisierungsstufe und Beurteilung der Zukunft der Steillagen werden in Kap. 5.2 näher erläutert.

### Zusammenfassung der Literaturrecherche

- Strukturprobleme und niedrige Einkommen führen in Steillagenbetrieben zu Flächenrückgängen und Betriebsaufgaben, Kulturflächen verbrachen.
- Im Steilhang wird der 6,5-fache Arbeitszeitaufwand je Hektar im Vergleich zum Direktzug betrieben. Unter besten technischen Voraussetzungen beträgt der Aufwand immer noch das Doppelte; neben der Ernte ist dies durch den Pflanzenschutz bedingt.
- SMS und RMS sind die modernsten Mechanisierungssysteme im Steilhang. Beim SMS können im Pflanzenschutz zwei Teilbreiten, beim RMS maximal vier Teilbreiten je Überfahrt behandelt werden.
- Eine Gebläseform mit Möglichkeit zur Erweiterung auf sechs bis acht Teilbreiten wird künftig angestrebt. Die Qualifizierung einer neuartigen Technik gegenüber traditionellen Geräten bildet das Kernstück der experimentellen Arbeit.
- Um die energetische Bilanz als Bewertungskriterium für Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit der Applikationstechnik heranzuziehen, muss der **Leistungsbedarf** der neuartigen Technik bekannt sein.
- Ein Applikationssystem sollte eine gleichmäßige vertikale Verteilung der Flüssigkeit gewährleisten und bei Bedarf eine Steuerungsmöglichkeit zur Wirkstoffumverteilung bieten. Denn die Laubwanddichte verändert sich während der Vegetation natürlich und anthropogen bedingt. **Luft- und Flüssigkeitsvertikalverteilungsmessungen** geben hierzu Aufschluss.
- Eine gezielte **Luftstromreduzierung** sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden, da die gesichtete Literatur Hinweise für eine bessere Belagsbildung liefert.
- Der Gesetzgeber forciert Umweltschutz und Verlustminimierung beim Pflanzenschutz, der Produzent braucht Ertragssicherheit und gesundes Lesegut. Es gilt der Leitsatz: „So wenig wie möglich, so viel wie nötig“.  
Die **Blattbeläge** müssen im Interesse des Produzenten ausreichend sein, gleichzeitig sind Messungen der **Abdrift** gesetzlich unumgänglich.
- Die Rebe ist ein starkes Filtermedium. Das **Penetrationsverhalten** der Geräte soll zeigen wie weit die ausgebrachten PSM in die Kultur eindringen.
- Sobald die Ernte mechanisch ausgeführt werden kann, wird die extensive **Anlagenform des Minimalschnitts** auch im Steilhang möglich sein.  
**Belagsmessungen** sollen die Applikationseigenschaften des neuartigen Gebläses unter schwierigen Bedingungen (dichte Laubglocke) untersuchen.
- Eine **Umfrage** soll abschließend die Praxisanforderungen des Pflanzenschutzes im Steilhang herausstellen.

## 4 Material und Methoden der Feldversuche

### 4.1 Versuchspartellen

Um den vielseitigen Anforderungen der unterschiedlichen Versuchsmethoden zu genügen, wurden verschiedene Versuchsflächen in die Messungen integriert.

Eine Weinbergsanlage im Weinanbaugebiet Mosel („**Kardinalsberg**“) umfasste alle im Hang getätigten Versuche und diente mit einem konstanten Steigungswinkel und homogener Belaubungsstruktur dem Vergleich der Steillagensprühgeräte.

Eine weitere Anlage im Anbaugebiet Rheingau bot die nötigen Voraussetzungen für institutsnahe Tests in der Ebene zur Einstellungsoptimierung der Prototyp-Sprühgeräte und der Begutachtung der Belagsqualität der Alternativgeräte („**Mäuerchen**“). Da der Minimalschnitt als extensive Erziehungsform eine thematische Sonderstellung einnimmt, wurde für diese Versuche eine geeignete Anlage der Hochschule Geisenheim im Anbaugebiet Rheingau aufgesucht („**Kläuserweg**“).

Die Abdriftmessungen erfolgten im Anbaugebiet Rheinhessen, weil dort ein Landwirtschaftsbetrieb mit Weinbauflächen in jahrelanger Kooperation mit dem Fachgebiet Technik ein Weinbergs-Plateau mit geeigneter Windexposition und benachbartem Ackergrundstück für die Messeinheiten zur Verfügung stellte („**Schleifweg**“).

#### **Versuchspartelle „Kardinalsberg“ in Bernkastel-Kues: „Blattbelag steil“**

Das Orthobild in Abb. 11 zeigt die beiden befahrenen Partellen für die Belagsmessungen der Steillagenpflanzenschutzgeräte. Die Fläche wurde im Jahr 1991 mit Rieslingreben auf kargem Verwitterungsschieferboden bestockt. Die Flurstücke (rote Markierung) befinden sich in der Gemarkung Bernkastel-Kues, Lage Kardinalsberg. Die Parzelle Flur 23, Nr. 141/1 hat eine Fläche von 4.101 m<sup>2</sup>, auf 40 Zeilen gelegt. Flur 22 Nr. 71/1 ist mit 32 Zeilen auf 5.533 m<sup>2</sup> bestockt. Der Weinberg ist in nordost-südwestlicher Richtung mit einem Geländesteigungsgrad von 35 bis 40 % gezeilt. Zeilenbreite und Stockabstand betragen 2,0 m auf 1,2 m. Der Einzelstockstandraum beträgt demnach 2,4 m<sup>2</sup>.

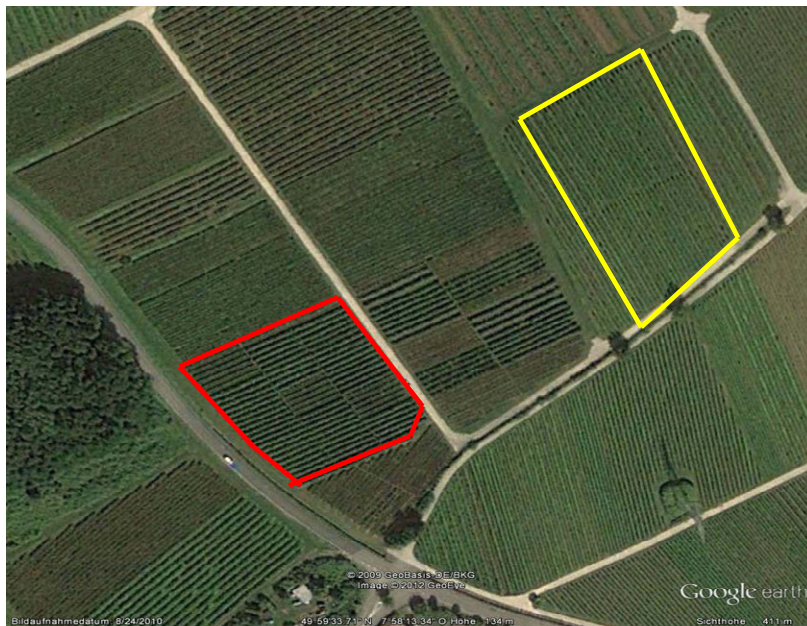
Die Versuchsfläche ist gelb hinterlegt. Dort liegen eine hohe Blattflächenhomogenität und ausreichende Zeilenlängen (ca. 100 m) vor. Die Versuchsbedingungen entsprechen den in Kap. 6.8 dargelegten Faktoren.



**Abb. 11:** Versuchsparzelle "Blattbelag steil" Mosel (Quelle: Google Earth).

### **Versuchsparzelle „Mäuerchen“ in Geisenheim: „Blattbelag eben“**

Die Geisenheimer Parzelle weist eine Hangneigung von 20 % auf und ist in Nord-Süd Richtung gezeilt. Der Standort wird als Flur 61, Flurstück 11 definiert. Die 1978 gepflanzte Rieslinganlage steht auf einem kiesigen Lehmboden und ist während der Vegetation alternierend mit Gras begrünt. Der Standraum je Stock beträgt 1,35 m<sup>2</sup>, resultierend aus einer Reihenbreite von 1,8 m und einem Stockabstand von 0,75 m. Als Erziehungsform liegt der Pendelbogen mit einem Anschnitt von circa zwölf Augen vor. Um eine standardisierte Versuchssituation herzustellen, wurde die Parzelle im Versuchsjahr keiner Entlaubung unterzogen. Die Trieblänge der homogenen Laubwand beträgt etwa 1,6 m, was einer vom Boden aus betrachteten vertikalen Blattbehandlungsfläche von 0,5 m bis 2,1 m entspricht. Die gelbe Markierung auf Abb. 12 verdeutlicht den Standort der Versuchsparzelle.



**Abb. 12:** Versuchspartellen "Blattbelag eben"(gelb), „Blattbelag Minimal" (rot)  
(Quelle: Google Earth).

### **Versuchspartelle „Kläuserweg“ Geisenheim: „Blattbelag minimal“**

Die Versuchsanlage für die Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt ist seit 1977 mit Rieslingreben auf der Unterlage 5C bestockt. Die Bodenart wird mit kiesigem Lehm angegeben. Ursprünglich entspricht die Anlageform des Weinberges den Anforderungen zur Durchführung einer dauerhaften Umkehrerziehung. Diese wurde jedoch ab dem Jahr 1999 aus Forschungszwecken etappenweise zum Minimalschnittsystem umgestellt. Die Zeilenbreite beträgt 2,8 m mit einem Stockabstand von 0,85 m, was zu einem Standraum von 2,4 m<sup>2</sup> je Rebe führt. Die Anlage bietet mit 20 Zeilen und einer Parzellengröße von 6.964 m<sup>2</sup> genügend Raum für verschiedene Versuchsvarianten. Da sich die Versuchsfelder in Geisenheim in unmittelbarer Nähe befinden, ist die Parzelle mit roter Markierung im Orthobild der Abb. 12 zusammen mit „Blattbelag eben“ dargestellt.

### **Versuchspartelle „Schleifweg“ Ober-Hilbersheim: „Abdrift“**

Als Versuchspartelle für die Abdriftstudie (rote Markierung in Abb. 13) eignete sich eine Dornfelderanlage des Betriebs Hofgut Heppel in Ober-Hilbersheim, da dort ein konstantes Aufkommen für süd-westliche Winde herrscht. Das anliegende, in Driftrichtung nord-östlich gelegene, Freifeld (gelbe Markierung) ist ebenfalls Eigentum des Hofguts und steht für das Aufstellen der Probenbehälter zum Auffangen des Bodensediments zur Verfügung.

Die Pflanzung erfolgte 1998, Rebuterlage ist 5C und der Bestand ist weitestgehend lückenfrei. Aus den Parzellenparameter Reihenabstand 2,0 m und Pflanzabstand 1,2 m resultiert ein Standraum von 2,4 m<sup>2</sup>. Das Höhenspektrum der Blattfläche erstreckt sich von 0,6 m bis 1,9 m in klassischer Halbbogenerziehung.



**Abb. 13:** Versuchsparzelle "Abdrift" (rot) mit angrenzender Freifläche (gelb)  
(Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Rheinland-Pfalz).

## 4.2 Witterungsbedingungen der Freilandversuche

Auf Grund der hohen Variantenzahl im Freiland und des daraus resultierenden großen Datenumfangs von Wetteraufzeichnungen wird in dieser Arbeit auf das Einbringen der tages- und jahresspezifischen Witterungsbedingungen in den drei Versuchsjahren 2010 bis 2012 verzichtet. Im Folgenden sollen lediglich die allgemeinen witterungsspezifischen Anforderungen der Freilandversuche beschrieben werden, die zur störungsfreien Durchführung der Einzelversuche beachtet werden müssen.

Luft-, Penetrations- und Blattbelagsmessungen setzen eine windstille Atmosphäre voraus. Bei der Umgebungstemperatur ist lediglich der Luftmessstand von der Temperaturempfindlichkeit des Ultraschallsensors abhängig, dessen Optimum bei 20°C liegt und 5°C nicht unterschreiten darf. Alle anderen Messungen sind temperaturunabhängig.

Besonders bei Blattbelagsmessungen muss die Witterung durchgängig niederschlagsfrei sein, da der Tracerstoff als wässrige Lösung ausgebracht wird. Dies setzt

eine trockene Laubwand voraus, die weder von Tau- noch von Niederschlagswasser bedeckt ist, das die Probe verdünnen könnte.

Minimalschnitthanlagen haben durch große Blattmassen eine lange Trocknungsphase nach Tau oder Niederschlagsereignissen. Bei Belagsmessungen ist hierbei besonders auf ein trockenes Blattwerk in der dichten Laubglocke zu achten.

Alle anderen Messungen können von Niederschlägen in Messpausen unterbrochen werden, jedoch sollte es während des Messvorgangs trocken sein.

Die Abdriftversuche stellen besondere Anforderungen an definierte Windverhältnisse in Anlehnung an vorgegebene Richtlinien. Diese speziellen Bedingungen werden in Kap. 6.8 näher erläutert.

### 4.3 Trägerfahrzeuge

#### **Steillagengeräteträger**

Der Steillagengeräteträger (StGT) ist eine selbst fahrende Arbeitsmaschine, die, im Hangbetrieb an zwei Zugwinden befestigt, von der bearbeiteten Rebzeile über eine Auffahrpritsche auf einen Transportanhänger gezogen wird (Abb.14). Das Versetzen vor die nächste Rebzeile erfolgt durch Fortbewegung des Zughängers. Die Maschine ist mit einem Dieselmotor mit 63 kW (86 PS) Leistung ausgestattet. Die Zugwinden dienen als Steighilfe. Im Eigenantrieb kann sich der StGT mit bis zu  $5 \text{ km h}^{-1}$  fortbewegen.

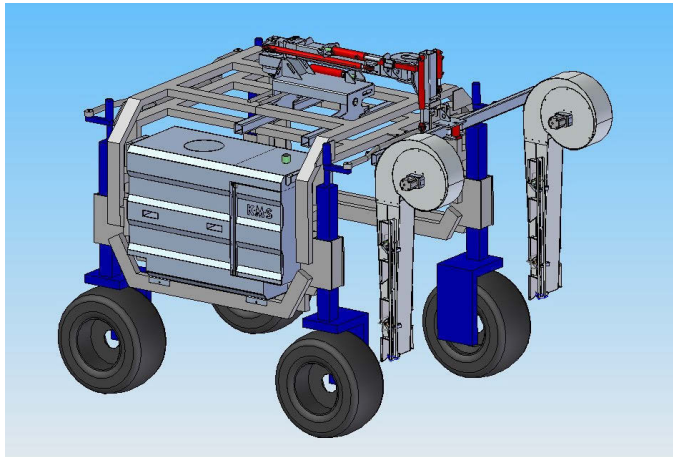
Das Eigengewicht des StGT beträgt 3.800 kg. Im Einsatz als Traubenlesemaschine erhöht das Mitführen des Erntekopfes und des maximal befüllten Lesebehälters das Gesamtgewicht auf 5.400 kg. Beim Pflanzenschutz ist eine Erhöhung des Grundgewichtes durch das Mitführen der Pflanzenschutzbrühe (620 L), Pumpe, Leitungen und Gebläsausleger auf 4.750 kg gegeben.

Der Mindestzeilenabstand, um eine Bewirtschaftung durch den StGT durchführen zu können, beträgt 1,5 m. Zum Positionieren des Transportanhängers sind eine Wendemöglichkeit von mindestens 5,5 Metern und gut befahrbare Zuwege nötig.

Der Erweiterung des Nutzungsspektrums des Steillagenvollernters hin zum saisonalen Pflanzenschutzgerät standen während der gesamten Forschungsperiode technische Probleme entgegen. Die Installation einer Ultraschalllenkung, mehrere Motorschäden, Hydraulikinstallationen und vor allem die Justierung der Winden-

zugkraft mit jeweils erheblichen Werkstattstandzeiten setzten die Verfügbarkeit des StGT's ans Ende des Projektes.

Zwischenzeitlich wurde das Rinklin Pflanzenschutzgerät für die Versuche mit gewöhnlichen Weinbauschleppern („Dummy-Fahrzeuge“) betrieben.



**Abb. 14:** Konstruktionszeichnung Steillagengeräteträger mit Rinklingebälse (Quelle: Firma KMS Rinklin).

### **Fendt 211 V Vario TMS**

Die Versuchsreihen im Rheingau und in Rheinhessen wurden meist mit einem modernen Fendt 211 V Vario TMS Weinbergschlepper durchgeführt (Abb. 15). Eine Steigerung der Motordrehzahl steht bei älteren Traktoren mit der Zapfwellendrehzahl in linearem Zusammenhang und ist nicht unabhängig einstellbar. Die Variogetriebe-Baureihe ist durch die stufenlos wählbare Fahrgeschwindigkeit und programmierbare Zapfwellendrehzahl prädestiniert, um exakte Applikationsversuche mit definierter Geräteeinstellung durchzuführen. Die vorherige prüfgenaue Abspeicherung der Motoreneinstellung ermöglicht eine intensivere Konzentration des Schlepperfahrers auf andere Messparameter wie den Abstand zu Prüfständen, Düsenfunktionen und Windverhältnissen während der Versuchsfahrten.

### **Hangschlepper Antonio Carraro SRX 8400**

Die Versuche im Anbaugebiet Mosel wurden mit einem Knicklenker Hangschlepper des Herstellers Antonio Carraro durchgeführt (Abb. 16). Mit 44 kW (60 PS) und Hangbereifung ist es problemlos möglich, Radial- und Axialgebläse in der Versuchsfläche mit ca. 35 % Steigung sicher zu betreiben. Der Schlepper ersetzte den StGT in den Versuchsjahren 2010 und 2011 als Trägerfahrzeug-Dummy.



**Abb. 15:** Schmalspurschlepper  
Fendt 211 V Vario TMS.



**Abb. 16:** Knicklenkerschlepper  
Carraro SRX 8400.

### **Steilhang-Mechanisierungssystem (SMS) Obrecht**

Das von dem Außenbetrieb der Weinbaudomäne Trier betriebene SMS-System wurde leihweise mit adaptierter Applikationseinheit für die Versuchsdurchführungen in Bernkastel und die Prüfstandmessungen in Geisenheim zur Verfügung gestellt. Das Trägerfahrzeug ist ein von der Firma Obrecht hergestelltes SMS Typ „Ritter“ aus dem Baujahr 2005 (Abb. 17). Der Aufbaumotor zum Betreiben der Anbaugeräte ist ein 14 kW (19 PS) Dieselmotor.

Das Gerät besitzt keinen eigenen Fahrtrieb und wird durch ein Windensystem auf einem externen Trägerfahrzeug in hängigem Gelände durch die Hangabtriebskraft abwärts und durch die Zugkraft der Winden aufwärts bewegt. Bei in der Ebene vollzogenen Versuchsdurchführungen während der Fahrt wurde das SMS an einem Verbindungsseil, vom Fendt Schmalspurschlepper gezogen, in eine konstante Fahrgeschwindigkeit gebracht.

### **Raupen-Mechanisierungssystem (RMS) Geier 60 TLY**

Die Geier Aufsitzraupe wird in Marling / Süd-Tirol produziert und ist durch ihre verhältnismäßig leichte Bauweise ein häufig vorzufindendes Gerät im deutschen Steillagenweinbau. Das Modell TLY 60 ist eine der leistungsstärksten Maschinen des Herstellers (Abb. 18). Es hat eine Leistung von 44 kW (60 PS), eine Länge von 2,5 m und eine Breite von 1,1 m. Ein Gummilaufwerk mit internem Stahlgewebe dient der Schonung des Fahrbahnbelages. Der Vier-Zylinder-Turbo-Diesel Motor entstammt der japanischen Firma Yanmar. Ein um 180° drehbarer Sitz ist für den Richtungs-

wechsel bei Auf- und Abfahrten installiert. Die synchronisierte Hangelwinde ermöglicht eine selbstständige Überwindung von Steigungen bis zu 72 % bei Anbindung an einen Transportanhänger oder vorhandener Laufschiene in der Weinbergsmauer. Die Steuerung der Motordrehzahl ist nur über einen Handgashebel möglich, was eine exakte Einstellung der Versuchsvarianten im Vergleich zu Zugfahrzeugen wie dem Fendt Vario nicht zulässt.

Analog zur Geierraupe führt der Gerätehersteller Niko die hydrostatische Raupe HRS 90 mit 66 kW (90 PS). Bis auf herstellerspezifische Eigenschaften und das höhere Leistungslevel ähneln sich die beiden RMS-Fahrzeuge in ihrer Handhabung und sind daher nicht gesondert aufgeführt.



**Abb. 17:** Steilhang-Mechanisierungssystem (SMS) Firma Obrecht.



**Abb. 18:** Raupen-Mechanisierungssystem (RMS) Geier 60 TLY.

## 4.4 Weinbausprühgeräte

### 4.4.1 Referenzgebläse: Wanner SZA 24

Ein modernes Standardaxialgebläse, welches sehr häufig im deutschen Weinbau verwendet wird, ist das SZA 24 der Firma Wanner (Abb. 19). Von 934 Betrieben, die in einer Praxisumfrage (vgl. Kap. 5) Auskunft über den Typ ihres Sprühgerätes erteilt haben, geben 176 an, ein solches Gerät zu betreiben. Dem entsprechen 18,8 % der Stichprobe und 35 % aller im Einsatz befindlichen Axialgeräte. Von 271 Steillagenbetrieben besitzen 44 (16 %) dieses Gerät. Insgesamt 53,9 % aller befragten Betriebe verwenden Axialgebläse zum Pflanzenschutz.

Das geschlossene Luftleitsystem im Gebläsekörper des SZA 24 erzeugt eine vergleichsweise exakte horizontale Abgrenzung des Luftstromes in den oberen und unteren Grenzzonen der Laubwand. Der Gebläseläufer ist zentral am Gebläsekasten angebracht, was der steilen Auf- und Abwärtsbewegung (Dralleffekt) älterer Axialgeräte entgegenwirkt. Leitbleche lenken den Luftstrom zusätzlich in die horizontale Richtung und dies bewirkt einen abdriftmindernden Effekt.

Die maximale Luftförderleistung dieses Gebläses liegt bei  $28.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  und die Luftaustrittsgeschwindigkeit beträgt  $28 \text{ m s}^{-1}$  (WALG, 2007). Das mit sechs außen liegenden Düsen ausgestattete Sprühgerät als Nachläufergerät hat zusätzlich zwei Getriebestufen, um in Luftaustrittsgeschwindigkeit und Luftförderleistung zu variieren (BÄCKER & KOCH, 2009). Die Aufsattelversion besitzt nur eine Getriebestufe, deren Luftfördervolumen sich mittig zwischen den beiden Stufen des Nachläufers befindet. In den Versuchsreihen wurde das SZA 24 als Referenzgerät für ein typisches Sprühgerät der neueren Generation verwendet, das sowohl im Steilhang als auch in der Ebene betrieben wird.

### 4.4.2 Testgebläse Prototyp: KMS-Rinklin

Die Produkte des Weinbaugeräteherstellers KMS-Rinklin sind meist Konstruktionen in Leichtbauweise und eignen sich daher besonders für die Anwendung im Steillagenweinbau. Nach der Vermarktung von Vor- und Laubschneidern begann im Jahr 2009 die Entwicklung eines neuartigen Radialgebläses mit Vorgaben einer ausreichenden PSM-Applikation bei gleichzeitig geringem Baugewicht von ca. 30 kg je Sprüheinheit. Der Gebläsekörper sitzt am oberen Ende des hydraulisch höhenverstellbaren Sprühgebläseturmes in Form eines Niederdruckläufers mit 260 mm Durchmesser. Die in Fahrtrichtung angesaugte und durch die Flügelräder

beschleunigte Luft fließt abwärts entlang eines sich konisch verjüngenden Luftleiterschachtes aus Stahlblech und strömte beim Prototyp durch drei starre, V-Förmige Luftaustrittsöffnungen auf die Zielfläche.

In Serienbauweise (Abb. 20) sind vier Luftaustrittsöffnungen am Luftleiterschacht angeschweißt. Jeder Öffnung ist eine Düsenstation zugeordnet, die mit jeweils einer Injektordüse bestückt ist. Beim oberen Luftfächer ist eine weitere Düse angebracht, die bei hohen Laubwänden zugeschaltet werden kann. Eine Fahrweise mit vier oder fünf Sprühdüsen ist so möglich. Die Zusatzdüse kommt in dieser Arbeit nur bei Versuchen im Minimalschnitt zum Einsatz. Der Läufer wird beim Prototyp sowie in der Bauform des StGT direkt durch die Schlepperhydraulik betrieben. Die Flügelrad-drehzahl wird durch die Wahl der Öldurchflussmenge reguliert. In Serie betreibt ein geräteinterner, zapfwellengesteuerter Ölkreislauf den Läufer. Das Luftvolumen ist somit über die Zapfwelldrehzahl des Trägerfahrzeugs steuerbar.

In der Ausführung als Überzeilengerät am StGT besprüht jeweils ein Gebläsekörper zwei Teilbreiten. Bei acht Teilbreiten werden zwei horizontal verschiebbare Pflanzenschutzseinheiten benötigt, die vier Teilbreiten bei der Talfahrt und weitere vier bei der Bergfahrt behandeln. Trotz Vereinbarung, den Gebläseanbau an den StGT baugleich zur Rinklin Serienversion zu gestalten, entwickelte der Gerätehersteller eine weitere Bauart mit fünf Luftaustrittsfächern. Jedem Fächer ist somit zum Flüssigkeitsaustrag eine Düse zugeordnet.

#### **4.4.3 RMS-Sprühgerät: Lochmann G24**

Zur G24 Gebläseeinheit des Südtiroler Herstellers Lochmann, dargestellt in Abb. 21, zählt ein Brühetank mit einer Füllmenge von 300 Litern und ein zusätzlicher 30 Liter Frischwasserbehälter. Ein zapfwellenbetriebenes Axialgebläse, dessen Rotor, im Gegensatz zum Wanner ZA 24, dezentral im unteren Bereich angebracht ist, produziert den Trägerluftstrom. Die Luft wird entgegen der Fahrtrichtung angesaugt und axial entlang der Rotorachse beschleunigt. Das Trägermedium wird durch Luftleitbleche in den spitz zulaufenden Kunststoff-Gebläsekasten gefördert. Im Inneren sind horizontale Luftleitbleche angeordnet, um den Luftstrom mit einer Leistung von  $29.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (Herstellerangabe) möglichst horizontal an die Laubwand zu führen. Fehlend sind allerdings die Luftstrom begrenzenden Bleche am oberen Gebläsekasten. An den Luftaustrittsöffnungen sind je Teilbreite fünf Zerstäuber auf Doppelschwingdüsenstöcken montiert.

Die Geräteeinstellung für den Versuchsbetrieb erfolgt analog zum SMS Zupangebläse bei maximaler Motorendrehzahl ( $n_{\max}$ ). Diese Leistung wird vom Raupenfahrwerk für die Bewältigung der Bergauffahrt benötigt und die Gebläsedrehzahl ist analog zum Fahrmotor geschaltet (BARZEN, 2012).

#### 4.4.4 RMS-Sprühgerät: Niko TS 9/90

Neben den Geier Geräten konnten sich die Aufsitzraupen des deutschen Herstellers Niko im deutschen Steillagenweinbau etablieren. Das TS 9/90-Gebläse (Abb. 22) wurde als Anbaugerät für die Nikoraupe der Baureihe HRS 90 verwendet.

Der Brühebehälter umfasst 300 L und enthält einen separaten Frischwasserbehälter. Das Axialgebläse aus verzinktem Stahlblech ist mit zwölf Einfachdüsen bestückt. Der Rotor ist sehr tief am Gehäuse angebracht und saugt die Luft rückwärtig an. Die Luftleistung beträgt  $22.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (Herstellerangabe: SERR, 2010). Die Düsen sind an einem Edelstahlrohr der Gebläsekastenperipherie angebracht und ragen mittig zwischen die zwei Bleche des geschlossenen Luftleitsystems.

Dieses Sprühgerät stand nicht während des kompletten Projektzeitraumes zur Verfügung und ist daher nicht bei allen Prüfergebnissen aufgeführt.

#### 4.4.5 SMS-Sprühgerät: Zupan ZM 100 ME EN

Das in Slowenien gefertigte Zupan Sprühgebläse (Abb. 23) hat ein Gesamtgewicht von 93 kg und der Tankinhalt des Brühebehälters umfasst 100 Liter. Das Pflanzenschutzaggregat wird mit einem Dieselmotor betrieben, der Pumpe und Gebläse antreibt. Der dezentral platzierte Rotor des Axialgebläses ist mit einem leichten, aus Kunststoff gefertigten, Gebläsekasten umbaut, in dem jeweils vier Düsen pro Teilbreite installiert sind.

Die Läuferkapazität ist nach Herstellerangaben mit bis zu  $20.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  angegeben, bei einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von maximal  $20 \text{ m s}^{-1}$ .

Die Gerätebetreiber geben an, das Zupangebläse während der PSM-Applikation im Steilhang mit dem im Anschlag befindlichen Handgashebel einzusetzen (BARZEN, 2012). Diese praxisübliche Geräteeinstellung bei maximaler Motoren- und Gebläsedrehzahl wird stets in den Geräteversuchen übernommen und mit dem Kürzel „ $n_{\max}$ “ beschrieben.

#### 4.4.6 Standard-Überzeilengebläse: Wanner GR 56

Das Wanner GR 56 ist mit einem Mitteldruckläufer ausgestattet. Mit drei fächerförmigen Luftaustrittsöffnungen pro Teilbreite strömt die vom Läufer gegen die Fahrtrichtung angesaugte und radial beschleunigte Luft aus. An jedem vertikal schwenkbaren Fächer sind zwei Düsen befestigt.

Das GR 56 Radialgebläse wird im Direktzug bereits häufig mit Luftführungsschläuchen zur luftunterstützten Überzeilenapplikation eingesetzt (Abb. 24).

Mit diesem Gerät können je vier Teilbreiten einer Laubwand gleichzeitig behandelt werden, was bei geringem Auslegergewicht der Außenteilbreiten eine interessante Alternativlösung für die Adaption an den StGT darstellt.

#### 4.4.7 Recyclingtechnik: Lipco GSG

Das Lipco GSG-Gebläse (Abb. 25) wurde speziell für den Überzeileneinsatz konzipiert. Der Gebläsekörper ist in seiner Bauart und Funktionsweise identisch mit herkömmlichen Tangentialgebläsen (Kap. 2.3.5). Die fünf Düsen je Teilbreite liegen außerhalb des Luftstromes, um diesen nicht zu beeinflussen.

Eine Besonderheit des Gerätes ist, dass sich Druck- und Saugseite der Tangentialläufer, die eine Zeile beidseitig behandeln, gegenüber stehen. Das durch die Laubwand getragene PSM wird mit dieser Methode durch das gegenüberliegende Gebläse angesaugt und im Gegenzug zurückgeleitet. Durch vertikal angebrachte Bleche und Auffangwannen kann weiterhin ein Recyclingprozess erfolgen. Mit dieser Bauweise kann nach Herstellerangaben eine Recycling-Rate von 35 bis 50 % erreicht werden (LIPP, 2010). Nach den Kriterien einer umweltfreundlichen, mittelreduzierenden PSM-Applikation im Steilhang ist eine solche Gebläsekonstruktion als Alternativgerät für den StGT denkbar.

#### 4.4.8 Leichtbauweise: Tecnomat Vectis

Bei dem überzeiligen Radialgerät „Vectis Precijet“ des Herstellers Tecnomat handelt es sich um das Nachfolgemodell der Baureihe „Tecnomat Turbocoll“. Dieses wurde im Jahr 2008 bereits in Geisenheim getestet. Im Vertikalverteilungsmessstand konnte zwar eine sehr gute Flüssigkeitsverteilung festgestellt werden, aber die erzeugten geringen Luftgeschwindigkeiten von maximal  $7-10 \text{ m s}^{-1}$  (VOLLMER, 2009) stellen eine ausreichende Durchdringung der Laubwand in Frage. Die Arbeit wird zudem mit einem verhältnismäßig hohen Leistungsbedarf von 13 kW verrichtet.

Das Turbocollprinzip beruht auf horizontal angeordneten Venturidüsen. Das Turbocollelement existiert bei dem Modell „Vectis“ nicht, da die Venturielemente zusätzliches Gewicht verursachen, das gegen die bevorzugte Leichtbauweise im steilen Gelände spricht.

Das Vectisgerät (Abb. 26) ist mit einem zentralen Radialgebläse ausgestattet, das die erzeugte Luft über Verteilerschläuche den vier Teilbreiten aus leichtem Polyethylen-Kunststoff zuführt. An jeder Teilbreite befinden sich 42 runde Luftaustrittsöffnungen mit einem Durchmesser von 1,1 cm, damit die Luft in Richtung Laubwand entweichen kann. Zum Flüssigkeitsausstoß sind fünf Düsen außerhalb des Luftstroms angebracht.

Sprühgeräte der Bauart „Vectis“ werden bereits in Frankreich mit vier bis acht Teilbreiten vermarktet, die in Transportstellung seitlich an den Brühebehälter herangefahren werden können. Das neuartige Vectisgerät befindet sich zum aktuellen Zeitpunkt in der Anerkennungsprüfung für den deutschen Sprühgerätemarkt.



**Abb. 19:** Vergleichsstandard: Das vielfach in der Praxis verwendete ZA 24 Sprühgebläse.



**Abb. 20:** Rinklin  
Seriensprühgebläse.



**Abb. 21:** Lochmann G24  
Sprühgebläse.



**Abb. 22:** Niko TS 9/90  
Sprühgebläse.



**Abb. 23:** SMS "Zupan" Sprühgebläse.



**Abb. 24:** Wanner GR 56 Sprühgebläse.



**Abb. 25:** Lipco GSG-Sprühgebläse.



**Abb. 26:** Tecnomat Vectis Sprühgebläse.

## 4.5 Indikatoren der Applikationsqualität

Es existieren viele Methoden, um die qualitative Beurteilung eines Pflanzenschutzgerätes umfassend durchzuführen (vgl. Tab. 2). Die Prüfberichte bei der Zulassung eines Pflanzenschutzgerätes beim JKI umfassen gerätetechnische Prüfungen (Gebläseleistungsmessungen, Behälter-, Rührwerks- und Pumpenprüfung, Druckabfall- und Lautstärkemessung) und applikationsqualitative Parameter (Einzeldüsenmessung, Flüssigvertikalverteilung und Gebläsesymmetrie bezogen auf die Luftverteilung). Der Fokus dieser Arbeit liegt weniger bei der Prüfung der Bauteile und der Materialien eines neuen Pflanzenschutzgerätes, sondern vielmehr auf der Qualität der PSM-Anlagerung auf der Zielfläche bei optimaler Geräteeinstellung (siehe Kap. 2.3.4).

### 4.5.1 Leistungsbedarf

Zur Ermittlung des Leistungsbedarfs, der vom Zugfahrzeug im Stand aufgebracht werden muss, um ein Sprühgerät zu betreiben, wurde eine Drehmomentmesswelle verwendet.

Beim angebauten Sprühaggregat wird in der standardisierten Versuchsdurchführung die Schleppergelenkwelle durch eine Drehmomentswelle (Fa. Walterscheid) ausgetauscht (Abb. 27). Die Welle besitzt schlepperseitig eine Messeinrichtung zum Validieren von dynamischen und statischen Drehmomenten. Die in der Welle platzierten Induktionssensoren zeichnen die exakte Drehzahl der Antriebswelle auf. Auf der Wellenoberfläche sind in der Messeinheit Dehnungsmessstreifen aufgebracht. Wird eine Kraft übertragen, verändert der Messstreifen seine Ausgangslänge und den ohmschen Widerstand. Die einzelnen Messpunkte sind in Reihe geschaltet. Sobald ein Messstreifen verformt wird, ändert sich der im geschlossenen Stromkreis fließende Messstrom. Das hervorgerufene digitale Signal wird an einen Sign wandler (Fa. Wachendorff Prozesstechnik) gesendet (Abb. 28). Dieser zeigt den aktuellen Messwert im Display an und formatiert ihn in ein nutzbares Signal, das in den Messcomputer übertragen wird. Über Rechenalgorithmen werden die Werte im Software Programm PAX Prolog (Fa. Wachendorff) ausgelesen und in eine Excel<sup>TM</sup>-Tabelle transferiert.

Aus den Rohdaten Umdrehungen pro Minute [n] und Drehmoment [M] in Newtonmeter wird die Leistung [P] in Watt berechnet. Die zugrunde liegende Formel für die Berechnung lautet

$$P [W] = M \cdot \omega.$$

Es wird eine gleichförmige Rotation unterstellt und deshalb gilt  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ , wobei f für die Frequenz steht, die in Hertz ( $1 \text{ Hz} = \text{s}^{-1}$ ) gemessen wird. Da die Drehzahl in  $\text{min}^{-1}$  gemessen wird und die Leistung üblicherweise in Kilowatt [kW] angegeben wird, liegt die folgende Formel zu Grunde:

$$P [\text{kW}] = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60.000}$$

Um das komplette Leistungsspektrum eines Sprühgebläses zu erfassen, wurden die Messungen bei unterschiedlich leistungsfordernden Geräteeinstellungen durchgeführt. Geräte mit zwei Getriebestufen wurden je Stufe separat gemessen. Bei nur einer Getriebestufe erfolgte die Aufzeichnung gestaffelt mit Nenndrehzahlen des Schleppers von 300, 350, 400, 450, 500 und  $540 \text{ min}^{-1}$ . Die Zeitdauer einer Messesequenz betrug 60 Sekunden und wurde mit einer Stoppuhr und Aktivierung bzw. Deaktivierung des Startbuttons auf der Computerbenutzeroberfläche eingegrenzt.

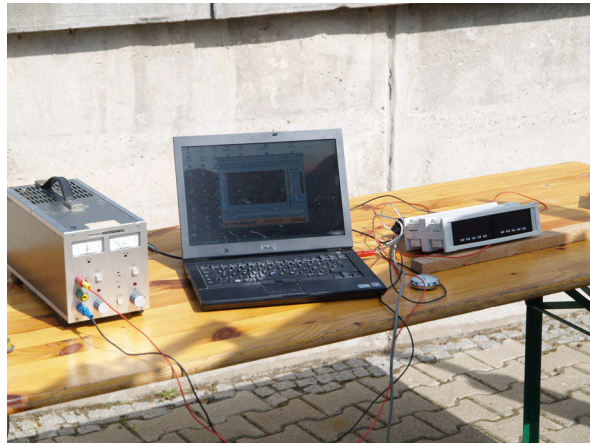
Um Angaben über die reine Gebläseleistung zu generieren war es notwendig, je Variante zwei Messungen zu starten, da die ebenfalls Leistung abfordernde Flüssigkeitspumpe des Sprühgerätes automatisch bei eingeschalteter Zapfwelle aktiviert wird.

Vor der Leistungsmessung erfolgte eine Kalibrierung bei laufendem Schleppermotor (Nullmessung), da die Motorvibration Störsignale abgeben kann.

In einer weiteren Messung wurden Pumpe und Gebläse in Kombination erfasst. Die getrennte Leistungsanalyse der Verbraucher Pumpe und Gebläse musste in einer abschließenden Messung bei abgeschaltetem Luftaggregat durchgeführt werden. Der vom Gebläse beanspruchte Teil des Drehmoments (Gebläseleistung) wurde durch Subtraktion der Pumpenleistung und des Nullwerts von der Gesamtleistung errechnet.



**Abb. 27:**  
Walterscheid Drehmomentmesswelle.



**Abb. 28:** Signalwandler und Messcomputer zur Ermittlung des Leistungsbedarfes von Sprühgeräten.

#### 4.5.2 Luftstromgeometrie

Luftverteilungsmessstände ermöglichen die Aufzeichnung vertikaler Luftverteilungsprofile im Freiland oder in witterungsunabhängigen, geschlossenen Laborgebäuden. Der im Folgenden beschriebene Messstand ist ein Konglomerat aus dem käuflich erwerbbaaren Ultraschallsensor „Ultrasonic Anemometer 2D“ und einer beweglichen Rahmenkonstruktion in Eigenbau der HSG, Institut für Technik, die den Sensor an die vorgesehenen Messpositionen bringt (Abb. 29). Der Messsensor ist an einem vertikalen Mast angebracht und dieser fährt über ein aus Gewindestangen bestehendes Antriebssystem rasterförmig programmierbare Messstrecken ab. Der Ultraschallsensor erfasst dabei fortlaufend 2-dimensional die horizontalen Komponenten der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung. Er besteht aus vier Ultraschallwandlern, die sich im Abstand von 20 cm gegenüberstehen. Daraus resultieren zwei Messstrecken, die senkrecht zueinander stehen. Jeder Wandler kann Ultraschall empfangen und gleichermaßen senden. Für die Messung der Windgeschwindigkeit wird ein Schallimpuls von einem der vier Sensoren zu einem gegenüberliegenden Sensor gesendet, wobei die Laufzeit gemessen wird. Bläst der Wind in die entgegengesetzte Richtung (Gegenwind), so wird das Signal gebremst und die Übertragung dauert länger. Bläst der Wind in Richtung des Signals, ist es schneller und erreicht den Sensor früher. Danach wird ein Schallimpuls in die umgekehrte Richtung gesendet und die Laufzeit gemessen. Der Empfängersensor fungiert nun als Signalsender. Die benötigte Zeit für eine Messsequenz liegt bei ca. 10 msec bei 20 C. Aus der Differenz der beiden Messungen errechnet das Datenerfassungssystem „Daisy Lab 3.52“ die Windgeschwindigkeit. Nach dieser Messung wird die Messstrecke um 90° gedreht und das zweite Sensorpaar führt die

gleichen Messungen durch (vgl. Abb. 30). Aus Gründen eines zurückschallenden Echoeffektes können die Messungen nicht in kleinen geschlossenen Räumen erfolgreich praktiziert werden, da dies einen Einfluss auf die Messzeiten zwischen den Sensoren ausüben würde.

Neben der Windgeschwindigkeit ist die Messung der Windrichtung möglich. Bei diesem Messstand können nur zwei Richtungen bestimmt werden. Eine Darstellung der Strömungswinkel der nach oben oder unten gerichteten Luftströme ist so möglich. Die Windrichtungen in oder gegen die Fahrtrichtung des Sprühgerätes können nicht analysiert werden. Die nach Messende in Excel™ exportierten Werte werden zur graphischen Darstellung von Luftverteilungsprofilen verwendet.



**Abb. 29:** Luftstrommessstand.



**Abb. 30:** Eine Messsequenz des Ultraschallsensors „Ultrasonic Anemometer 2D“.

Beim Start einer Messreihe beginnt der Ultraschallsensor in 30 cm Höhe am tiefsten Punkt des Messstandes und wird nach einem vorgegebenen Raster am Pflanzenschutzgerät entlang bewegt. Der Zyklus in Form eines Rechtecks mit einer Grundfläche von 1.000 cm<sup>2</sup> wiederholt sich so lange, bis die Messreihe in drei Metern Höhe endet oder es zu einem vorzeitigen manuellen Messabbruch durch die Erkennung nicht mehr ausreichender Windgeschwindigkeiten kommt. Fallen die Windgeschwindigkeiten auf einen Wert von 3 m s<sup>-1</sup> zurück, sind diese Werte nicht mehr dem Testgebläse, sondern der natürlichen Windbewegung der Umgebung zuzuordnen.

Die Festlegung der Hauptwindrichtung pro Messhöhe orientiert sich an dem Messwert, bei dem die höchste Luftgeschwindigkeit jener Messstrecke vorliegt. Mit der vorherrschenden Windrichtung an diesem Punkt und den sechs umliegenden Mess-

punkten wird der Mittelwert gebildet und als maßgebende Windrichtung für diese Messhöhe angegeben.

Die technischen Daten des Ultraschallsensors geben einen Messbereich von 0-75 m s<sup>-1</sup> vor. Die Werte können bei einer Windbewegung von 0-5 m s<sup>-1</sup> um 0,1 m s<sup>-1</sup> abweichen und bei höheren Windgeschwindigkeiten um maximal 2 % vom Gesamtwert differieren. Die Windrichtung kann in einem Umfang von 0 bis 360° mit einer Genauigkeit von +/- 1° festgestellt werden (Fa. THIES, 2012).

Die Positionierung des Untersuchungsgebläses erfolgte in einer Distanz von einem Meter, ausgehend von der Gebläsemitte zur Sensormitte. Diese Platzierung imitiert eine gebräuchliche Weinbergzeilenbreite von zwei Metern, die in Deutschland weitläufig als Standard angenommen werden kann. Bei der Messung überzeiliger Geräte wurde der Messabstand von der Luftaustrittsöffnung zum Sensor oftmals bauartbedingt auf 0,5 m verkürzt. Der über Schlauchsysteme zugeführte, radial erzeugte Luftstrom der Außenteilbreiten tritt meist an Öffnungen hydraulisch bewegbarer Auslegerarme aus. Diese werden in der Praxis auf Grund des geringeren Luftstromes dichter an die zu behandelnde Zeile herangefahren. Bei der Messung von Überzeilensystemen ist weiterhin auf eine Abschirmung des Luftstromes der Innenteilbreiten zu achten, da die Luftstromgeometrie einzelner Teilbreiten isoliert ohne Fremdlufteinfluss betrachtet werden sollte.

Für eine differenziertere Betrachtungsweise der vertikalen Luftverteilung der Geräte untereinander kann eine Faktorberechnung hinzugezogen werden:

$$\text{Teilbreitenbezogener Effizienzfaktor} = \frac{\text{Nutzbares Luftvolumen}}{\text{Gesamtes Luftvolumen}}$$

Diese Kenngröße gibt an, wie viel der vom Gerät erzeugten Luft je Arbeitsteilbreite tatsächlich der Applikationszielfläche zugeführt wird.

### **4.5.3 Tropfengrößenmessung mittels Laserdiffraktion**

Tropfengrößenmessungen wurden mit Hilfe eines Lasermessgerätes vorgenommen. Die Bewertung erfolgte durch Bildanalyse der im Fluge aufgenommenen Tropfen. Da bei den Sprühversuchen in den folgenden Kapiteln meist mit einem Standarddruck von 8,5 bar gearbeitet wurde, diente diese Druckeinstellung bei dieser

Methode als Messreferenz. Es wurden Injektorflachstrahldüsen unterschiedlichen Kalibers, AVI 80 015 und AVI 80 02, verglichen.

Die Messungen werden generell von äußeren Lichteinflüssen abgeschirmt durchgeführt. Der gesamte Messstand (Abb. 31) ist mit schwarzem Stoff abgedeckt. Diese Maßnahme schafft einheitliche Lichtverhältnisse, um große Messschwankungen des Lasers bei unterschiedlicher Sonnenstrahlungsintensität zu vermeiden. Die Testdüse wird an einem einzelnen Düsenstock angeschraubt, der an einer horizontal beweglichen Laufbahn mit der Flüssigkeitsöffnung nach unten befestigt ist. Somit erfolgt der Flüssigkeitsaustrag wie bei einer Feldspritze für Flächenkulturen. Die Wasserzuführung der Düse wird über eine Schlauchleitung mittels Elektropumpe gesteuert. Über den Steuerblock eines handelsüblichen Pflanzenschutzgeräts (Fa. Wanner) kann der Düsenarbeitsdruck manuell eingestellt werden.

Während einer Messsequenz passiert die Flüssigkeit sprühende Düse vier Mal den in der Messbahn mittig platzierten Laserstrahl und der angeschlossene Computer berechnet die durchschnittlichen Tropfengrößen. Aus den vier Ergebnissen werden die Mittelwerte gebildet. Der Beginn einer Laser-Messung muss manuell per Startbutton auf der Bildschirmoberfläche des Computers aktiviert werden, wenn sich die Düse auf den Laser zu bewegt. Die Messzeit der Software (RTSizer für Windows™) ist begrenzt und ein vorzeitiges Aktivieren des Messmechanismus kann zur Folge haben, dass nicht das gesamte Tropfenspektrum erfasst wird.



**Abb. 31:** Messstand zur Tropfengrößenbestimmung.

#### 4.5.4 Vertikalverteilung im Stand

Zur reproduzierbaren Messung und Bewertung der vertikalen Verteilung der ausgebrachten Flüssigkeit eines Pflanzenschutzgerätes für Raumkulturen werden Vertikalverteilungsprüfstände eingesetzt.

Der Vertikalverteilungsprüfstand VV 3000 (Fa. Herbst) ist im geschlossenen Testlabor des Instituts für Technik aufgebaut. Dadurch sind jegliche Messungen unabhängig von äußeren Witterungseinflüssen durchführbar.

Die Flüssigkeitsapplikation bei der Einzelmessung erfolgt mit Leitungswasser bei unbewegtem Sprühgebläse, der Einfluss der Fahrtgeschwindigkeit bleibt somit bei diesen Messungen unberücksichtigt. Der Abstand der Gebläsemitte zum Prüfstand beträgt 1,0 m zur Gleichsetzung der verwendeten Versuchsparameter der Luftstromgeometriemessungen (Kap. 4.5.2) und der Vertikalverteilungsmessungen während der Fahrt (Kap. 4.5.5), die ebenfalls Zeilenbreiten von 2,0 m als Standardmaß voraussetzen. Da der Messstand bauartbedingt erst Flüssigkeit ab einer Höhe von 30 cm auffangen kann, werden Anhängegeräte auf eine Rampe gefahren. Die Sprühgeräte werden so positioniert, dass die unterste Düse auf eine Höhe von 0,7 m Flüssigkeit ausbringt.

Eine Einzeldüsenkalibrierung (Ausliterung) ist Voraussetzung für die Analyse der Vertikalverteilung (VV). Dabei werden der Gesamtausstoß sowie die Durchflussmenge jeder einzelnen Düse überprüft, wodurch eventuelle Abweichungen von den vom Hersteller definierten Sollwerten festgestellt werden können. Die Messungen erfolgen mit einem Einzeldüsenprüfstand der Firma Herbst (Abb. 32). Der Flüssigkeitsausstoß jeder Düse wird über ein Schlauchsystem separat in einem Messzylinder aufgefangen. Über den Zylindern ist ein Ultraschallsensor angebracht, der nach Abschluss einer Messung die Füllstände und somit den Ausstoß der Einzeldüse in  $\text{L min}^{-1}$  ermittelt.

Nach der Düsenkalibrierung werden im VV-Prüfstand (Abb. 33) die lammellenartig geschichteten Abscheideprofile aus Edelstahl von Luft und Tröpfchen durchströmt. Das im  $35^\circ$  Winkel angeordnete äußere Lammellenpaket trennt die Spritzflüssigkeit vom Trägerluftstrom. Die außen liegenden Metallprofile der Lammellenkonstruktion verteilen sich intervallartig mit einer Schlitzbreite von 3,0 cm bzw. 2,5 cm über eine Höhe von drei Metern. Der engere 2,5 cm Abstand befindet sich zwischen 0,8 m und 1,2 m („Traubenzone“), um in dieser für den Pflanzenschutz wichtigen Höhenposition die Messgenauigkeit zu erhöhen.

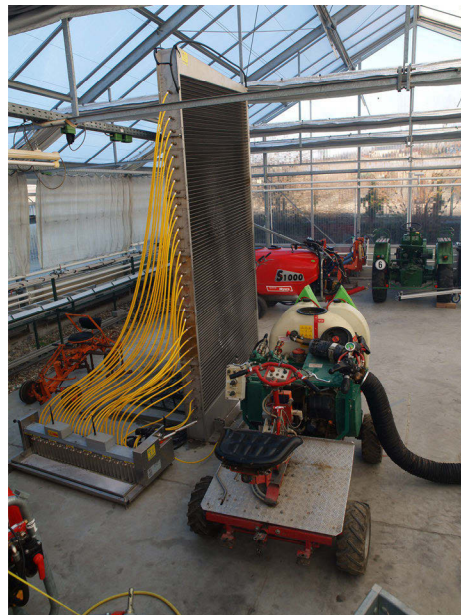
In der inneren Ebene des Prüfstandes sind Abföhrinnen angebracht, in denen die Flüssigkeit der Lammellen aufgefangen wird. Die Rinnen weisen ein leichtes Gefälle auf, worüber die von der Gebläseluft abgetrennte Flüssigkeit abgeleitet wird. Am Ende der Rinnenbahnen sind 30 separate Flüssigkeitsauslassöffnungen in 10 cm bzw. 9 cm Entfernung gestaffelt, die über Schläuche abgeführt werden. Vier Abscheideprofile auf Höhe der Traubenzone und drei Profile bei der restlichen Fläche bilden eine Messeinheit.

Die Flüssigkeit jeder Lammelleneinheit wird zu stehenden Messzylindern geleitet und mittels Ultraschallmessung quantitativ erfasst. Jeder Höhenabschnitt ist einem Messzylinder zugeordnet. Die Werte werden per Funkwellen an ein elektronisches Auswertesystem weitergeleitet und in Vertikalverteilungsprofilen optisch dargestellt. Die Auswertungssoftware OWFB 1 (Fa. Herbst) ermöglicht neben der registerförmigen Kategorisierung der Parameter der Einzelversuche die zeitgenaue Erfassung des Flüssigkeitsausstoßes pro Minute je Höhenabschnitt.

Die Geräte wurden mit der rechten und linken Gebläsesseite alternativ mit Injektordüsen des Kalibers AVI 80 015 und AVI 80 02 (Fa. Albu) bestückt und bei unterschiedlichen Nenndrehzahlen und Gebläsestufen mit einem Arbeitsdruck von 8,5 bar betrieben. Das so erlangte große Datenspektrum je Gerät wurde auf ausgewählte Messungen der interessantesten Aspekte mit einer Möglichkeit des vertikalen Vergleiches der Gebläsearten beschränkt.



**Abb. 32:** Einzeldüsenprüfstand.



**Abb. 33:** Vertikalverteilungsmessstand.

#### 4.5.5 Vertikalverteilung während der Fahrt

Die 2-dimensionale vertikale Flüssigkeitsverteilung des Applikationsmediums beim Pflanzenschutz wurde nach erfolgten „Indoor-Messungen“ im Stand (Kap. 4.5.4) nach der im Folgenden definierten Vorgehensweise unter praxisnahen Freilandbedingungen durchgeführt.

Eine Messstrecke, bestehend aus vier aufeinander folgenden Metallstangen mit jeweils einer Höhe von 3,0 m, wird in den Boden des ebenen Seitenstreifens eines betonierten Feldweges eingeschlagen. Die Anordnung erfolgt parallel zur Fahrbahn mit einem Meter Abstand entlang der lotrecht positionierten Stangen, die im Versuch einzelne Wiederholungen darstellen (vgl. Abb. 34).

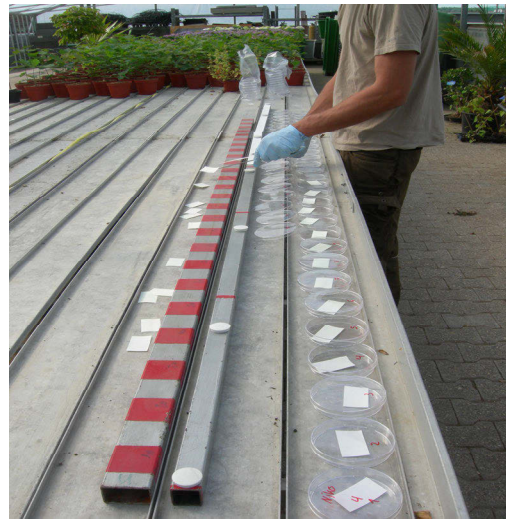
Eine 3,0 cm breite und 300 cm hohe Kollektorfläche wird in Form eines durchgehenden Indikatorpapiers mit positionsmarkierten Magneten an den Stangen befestigt.

Zur Wahrung des in Kap. 4.5.2 bestimmten Abstandes der Gebläsemitte zum Prüfmedium werden gut sichtbare Pylonen als seitliche Orientierungshilfe für den Schlepperfahrer aufgestellt, so dass dieser die Behandlung analog zu einer solchen in zwei Meter breiten Weinbergszeilen durchführen kann.

Die Pflanzenschutzbrühe wird vor Versuchsbeginn mit dem fluoreszierenden Tracerstoff Brillant-Sulfoflavin (BSF) mit einer Konzentration von  $0,5 \text{ g L}^{-1}$  versetzt (nähere Erläuterung Kap. 4.6). Nach der windstillen Applikation des Nachweisstoffes mit einer definierten Düsenbestückung, konstanter Fahrgeschwindigkeit von  $6 \text{ km h}^{-1}$  bei einem Arbeitsdruck von 8,5 bar und einer dem Versuchsgegenstand angepassten Zapfwellendrehzahl, meist  $540 \text{ min}^{-1}$ , erfolgt eine 5-minütige Trocknungsphase. Die Stangen werden zur höhengegliederten Entnahme der Kollektoren von der Messstrecke entfernt und in ein mobiles Feldlabor gebracht. Die Weiterverarbeitung der Proben erfolgt, indem nach Maß einer zweifarbigen Aluminiumplatte das Kollektorband in höhen spezifische Abschnitte fragmentiert wird (Abb. 35). Hierzu werden mit Schere und Pinzette alternierend 5 cm breite Stücke in beschriftete Petrischalen gelegt und der nächste 5 cm Abschnitt verworfen. Durch diese Methodik werden die kreisförmigen Abdeckflächen der Kollektorbefestigungsmagnete bei der Bestimmung der Farbstoffkonzentration nicht berücksichtigt. Das so selektierte Probenmaterial besteht aus 30 Filterpapierfragmenten mit einer Grundfläche von jeweils  $15 \text{ cm}^2$  in 4-facher Wiederholung. Insgesamt entstehen 120 Proben je Versuchsvariante. Die Petrischalen müssen umgehend dunkel eingelagert werden, da der fluoreszierende Nachweisstoff nicht UV-stabil ist.



**Abb. 34:** Aufbau der Freilandversuche zur Vertikalverteilung während der Fahrt.



**Abb. 35:** Probenselektion bei den Versuchen zur Vertikalverteilung während der Fahrt.

#### 4.5.6 Blattbelagsmessung bei Reben

Belagsmessungen finden in Raumkulturen im Freiland direkt an der Laubwand des Zielobjektes statt. Eine andere Möglichkeit, Belagsmessungen durchzuführen, besteht darin wassersensitives Papier mit einer blattähnlichen Oberflächenstruktur in der Laubwand zu platzieren, dessen Belag dann beprobt wird (künstlicher Kollektor). Allerdings ist die Verwendung des künstlichen Kollektormaterials nicht optimal, da dessen Oberflächenstruktur und die Anlagerungseigenschaften nicht deckungsgleich mit den Eigenschaften der Pflanze sind. Authentischer ist die Belagsmessung direkt an den epidemiologisch relevanten Pflanzenteilen (Blätter; Stielgerüst; Beeren). Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf Blattbelagsmessungen.

Zur Stichprobenentnahme schlagen diverse Autoren unterschiedliche Zonenmodelle mit differierenden Einzelblattentnahmen vor. In dieser Arbeit wurde bei den ersten Versuchen ein von KOCH und KNEWITZ (2008) beschriebenes Probenschema verwendet, um eine Aussage zum höhenpezifischen Anlagerungsverhalten der Testgeräte treffen zu können (10-Zonen-Modell). Im zweiten Forschungsabschnitt wurde ein von BÄCKER (1988) empfohlenes Stichprobenmodell mit geringerer vertikaler Messauflösung zur Kompensierung starker Einzelwertstreuungen je Messhöhe verfolgt (2-Zonen Modell).

### **Durchführung der Blattbelagsmessung**

Zur exakten Charakterisierung des Applikationsbildes einer neuartigen Gebläsebauart im Vergleich zu bereits existierenden Systemen findet die separate Beprobung der Spritzbeläge beider Blattseiten Anwendung.

Um eine Vergleichbarkeit der getätigten Blattbelagsmessungen zu gewährleisten, muss die Terminierung zu einem späten Entwicklungsstadium erfolgen. Empfehlenswert ist der Vegetationsstand des voll entfalteten Blattwerks nach dem ersten Laubschnitt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen befindet sich das Blattwerk demnach in den Entwicklungsstadien BBCH-Code 75-81 (Erbsengöße der Beeren bis Reifebeginn).

Bei den Messungen zur quantitativen Erfassung der Blattbeläge wird mit dem Tracerstoff BSF analog zu den Beschreibungen in Kap 4.6 gearbeitet. Die Zielkonzentration im Gesamtgebilde beträgt hier  $1 \text{ g L}^{-1}$  BSF.

Der Behandlungsflüssigkeit wird bei anderen Autoren ein PSM zugesetzt, weil nach deren Meinung die darin enthaltenen Formulierungshilfsmittel die Anlagerung wesentlich beeinflussen sollen (KOCH und STRUB, 2007). Da die Versuchsanlagen allerdings einem externen Behandlungszyklus zum Rebschutz unterlagen, wurde bei allen Varianten lediglich Wasser und BSF verwendet.

Die Versuche imitieren eine reale Applikationssituation und deshalb sind die Zeilen, orientiert an den Vorgaben der guten fachlicher Praxis, beidseitig zu behandeln. Vom südlichen Ende der Anlage beginnend, wird mit der rechten Geräteseite die Laubwand einer Teilbreite besprüht, um vom Norden her kommend die zuvor Geräte abgewandte Seite gleichermaßen zu benetzen.

Die Grundeinstellung der Geräte unterliegt standardmäßig einer Zapfwellendrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$  und einem Arbeitsdruck von 8,5 bar unter Verwendung von AVI Injektordüsen, sofern keine Absicht der Drehzahlminderung vorliegt. Die Versuchsspezifikationen der drei Forschungsjahre sind in Kap. 6.5 näher erläutert.

Beim Ausbringen der Spritzbrühe ist darauf zu achten, dass eine Kontamination anderer Zeilen, die in einer folgenden Versuchsvariante beprobt werden, ausgeschlossen ist. Von der behandelten Rebzeile ausgehend werden jeweils drei links und rechts gelegene Pufferzeilen vom Versuch ausgegrenzt. Demnach muss ein Weinberg mit ausreichender Zeilenzahl vorliegen.

Nach der Applikation ist eine Trocknungsperiode von zehn Minuten einzuhalten, damit es zu keiner Verschleppung der befeuchteten Blätter bei der Probennahme kommt. Das Personal erhält die Anordnung Nitrilhandschuhe zu tragen, die nach jedem Einzelversuch gewechselt werden. Die Blattentnahme beginnt 15 bis 20 Meter nach Zeilenbeginn, da erst hier ein konstanter Austrag der Sprühflüssigkeit und das Erreichen der Zielfahrgeschwindigkeit des Pflanzenschutzgerätes sicher gestellt werden kann.

Bei der Stichprobenentnahme ist auf den Zugriff mittelgroßer Blätter zu achten, weil die kräftigen Blattadern ausgewachsener Blätter zu einem Flüssigkeitsverlust bei dem Abwaschungsprozess führen können. Die Sammlung erfolgt nach den in Tab. 3 erläuterten Zonenmodellen.

Die Rebblätter werden in verschiedenfarbigen Schalen für die eindeutige Zuweisung der Höhenzone zum Abwaschtisch gebracht (Abb. 36). Dort wird jedes Einzelblatt zwischen ein Plastikplättchen und ein Rollrandgläschen geklemmt, welches mit 10 mL destilliertem Wasser im Labor mit einer elektronischen Pipette vorgelegt wurde (Abb. 37). Die Rollrandgläschen weisen eine definierte Öffnungsfläche von 5 cm<sup>2</sup> auf. Eine intensive Schüttelzeit von 15 Sekunden darf nicht unterschritten werden, was besonders für die restlose Tracerstoffabwaschung der weniger belegten Blattunterseiten gilt.

Die Gläschen werden nach dem Schüttelvorgang sofort verschlossen, beschriftet und auf einem nach den Positionen der Entnahmezonen organisierten Tablett an einem kühlen dunklen Ort gelagert.

Bei der Auswertung im Labor werden die Farbstoffkonzentrationen in der Flüssigkeit mit einem Fluoreszenzspektrometer gemessen und im Bezug zur abgewaschenen Blattfläche als Initialbelag in  $\mu\text{g cm}^{-2}$  angegeben. Kapitel 4.6 geht näher auf die photometrische Analyseverfahren ein.



**Abb. 36:** Abwaschstation der Blattstichproben bei der Belagsmessung.



**Abb. 37:** Überführen des Tracerstoffes von der Blattoberfläche ins flüssige Medium.

### Stichprobenentnahmezonen im Spalier

Die Auflösungsgenauigkeit der höhendifferenzierten Darstellung des Blattbelags kann direkt über die Definition der Entnahmezonen vor Versuchsbeginn oder die Nachbereitung mittels Zonenmodellierung (Zusammenfassen von Zonen) bestimmt werden.

Die Blattbelagsmessungen der Vegetationsperiode 2010 wurden, angelehnt an das Probeschema von KOCH und KNEWITZ (2008), in zehn Höhenzonen untergliedert. Je Zone wurden zehn Blätter für die Bewertung der Blattoberseite (BOS) und zehn Blätter der Blattunterseite (BUS) gesammelt. Insgesamt ergab dies eine Anzahl von 200 Stichproben. Diese Methodik wird im Folgenden als 10-Zonen-Modell bezeichnet. Damit die Blätter gezielt entnommen werden konnten, wurde an die Laubwand eine Messlatte angelegt (Abb. 38). Diese war mittels vertikaler Skalierung in 15 cm Abschnitte unterteilt.

In der Vegetationsperiode 2011 wurde eine grobgliedrigere Auflösung der Probenentnahmezonen, im Folgenden als „2-Zonen-Modell“ bezeichnet, verwendet. BÄCKER (1988), DIETZEL (1993) und SIEGFRIED (2000) unterteilten die Laubwand in zwei Entnahmezonen: Trauben- und Laubzone. Die Begründung lag in der erhöhten Befallsdisposition der Traubenzone im Vergleich zur Laubzone.

Analog zu diesem Modell wurden in jeder Zone jeweils 50 BOS und 50 BUS beprobt. In der Gesamtheit entstanden parallel zum 10-Zonen Modell 200 Stichproben. Die zonengetreue Blattentnahme wurde in der Versuchsanlage oberhalb und unterhalb des ersten Heftdrahtpaares vorgenommen, das auf 120 cm Höhe in der Versuchspartelle die Grenze zwischen Laub- und Gipfelzone markierte (vgl. Abb. 39).

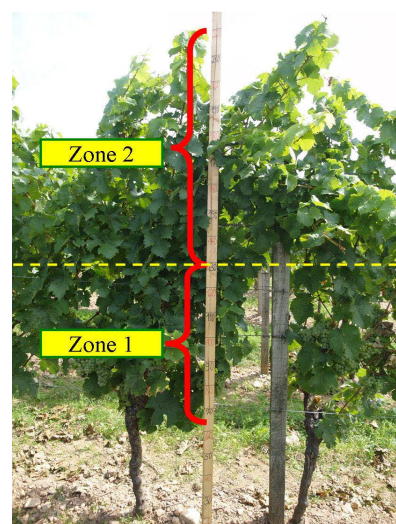
Um eine Beprobungsform zu finden, die die Vorteile beider Modelle vereinigt, wurde in der letzten Vegetationsperiode 2012 das 6-Zonen-Modell in je 25 cm Höhenabschnitten eingeführt. Mit einer erhöhten Stichprobenanzahl von 240 Blättern bietet es generell eine interessante Alternative und kann rechnerisch in 2-Zonen gewandelt werden. Die vergleichende Höhenkategorisierung der verschiedenen Zonenmodelle ist Tab. 3 zu entnehmen.

**Tab. 3:** Verschiedene Höhenzonenmodelle zur Stichprobenentnahme bei der Blattbelagsmessung.

Höhe (cm)	10-Zonen Kollektorzone	Höhe (cm)	2-Zonen Kollektorzone	Höhe (cm)	6-Zonen Kollektorzone
60-75	1	60-135	Untere Laubwand mit Traubenzone (1)	60-85	1
75-90	2			85-110	2
90-105	3			110-135	3
105-120	4			135-160	4
120-135	5			160-185	5
135-150	6	135-210	Obere Laubwand mit Gipfelzone (2)	185-210	6
150-165	7				
165-180	8				
180-195	9				
195-210	10				



**Abb. 38:** Höhendifferenzierte Stichprobenentnahme bei Blattbelagsmessungen im Spalier.



**Abb. 39:** 2-Zonen-Modell zur Teilung der Laubwand in Trauben- und Gipfelzone.

### Stichprobenentnahmezonen im Minimalschnitt

Bei Minimalschnitthanlagen gibt es bislang in der Literatur keine Veröffentlichung über Blattbelagsmessungen, somit existieren keine Vorgaben zur differenzierten Stichprobenentnahme.

Die Messungen in der Anlage „Kläuserweg“ in Geisenheim (siehe Kap. 4.1) zum Rebstadium BBCH 75 am 09.07.2012 dienten der ersten Orientierung zur Praktizierung von Belagsversuchen in Rebanlagen mit großen Blattflächen.

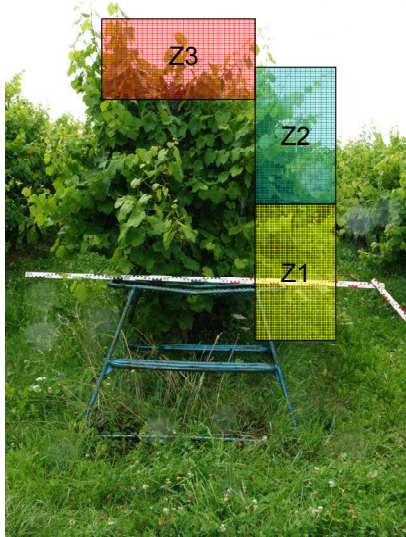
Die Laubwandhöhe (gemessen vom Boden) betrug am Versuchstag 2,5 m, wobei die Untergrenze des Blattwerks bei 0,7 m lag. Die Laubwandbreite erstreckte sich im Ausdehnungsbereich zwischen 1,6 m bis 1,7 m. Es gibt beim Minimalschnitt keine Lokalisierung Traubenzone, denn diese sind über die gesamte Laubwand, inklusive Dach der Laubglocke, verteilt. Die Applikation erfolgte analog zu den herkömmlichen Spalierversuchen, wobei bei dem Rinklin-Gerät die fünfte Düse zugeschaltet wurde.

Die Blattbeprobung gliederte sich, wie in Abb. 40 visualisiert, in drei Entnahmezonen:

**Zone 1:** 70 cm bis 160 cm: Untere Laubwandhälfte

**Zone 2:** 160 cm bis 250 cm: Obere Laubwandhälfte

**Zone 3:** horizontales Laubwanddach



**Abb. 40:** Stichprobenentnahmezonen bei Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt.

**Abb. 41:** Stichprobenentnahme in der Laubdachzone bei Minimalschnitt.

Die Probenentnahme in Zone 3 erfolgte mit einer Steighilfe in Form eines Obsternteschlittens (Abb. 41). Es wurden je 30 BOS und 30 BUS je Entnahmezone beprobt. Je Versuchsvariante resultierten aus diesem Schema 180 Blattproben.

Auf Grund der großen vertikalen Ausdehnung der Minimalschnittanlage wurde die unterste Düse beim Rinklingerät auf Höhe 85 cm positioniert, 15 cm höher als im Spalier. Beim Referenzgerät ZA 24 lag die unterste Düse bei 75 cm, wobei sechs Düsen geöffnet waren.

Alle Versuche wurden bei  $6 \text{ km h}^{-1}$  mit einem Arbeitsdruck von 10 bar und Düsen des Typs AVI 80015 durchgeführt. Die Zapfwelldrehzahl wurde in zwei Varianten, zum einen bei  $540 \text{ U min}^{-1}$ , zum anderen drehzahlreduziert, angesteuert.

### Quantifizierung des Blattbelages

Die Angabe des Blattbelages erfolgt in dieser Arbeit in  $\mu\text{g cm}^{-2}$  Farbstoff pro  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  Traceraufwandmenge. Diese Standardisierung ist notwendig, da die Geräte bedingt durch Arbeitsbreite, Fahrtgeschwindigkeit, Düsenkaliber, Düsenanzahl und Druck unterschiedliche Wassermengen je Hektar Grundfläche applizieren und die Vergleichbarkeit hierdurch gestört wird.

Beispiel einer Standardisierung der Messwerte:

Wasseraufwandmenge:  $500 \text{ L ha}^{-1}$

Tracerstoffkonzentration:  $1 \text{ g L}^{-1} = 500 \text{ g ha}^{-1} = 0,5 \text{ kg ha}^{-1}$

Festgelegter Standard: Tracer  $1 \text{ kg ha}^{-1}$

Ergebnisdarstellung: Messwerte in  $\mu\text{g cm}^{-2}$  multipliziert mit dem Faktor 2

### Statistische Betrachtung der Stichproben

Der Variationskoeffizient (VK) ist ein statistisches Maß für die Streuung der Einzelwerte und beschreibt die Gleichmäßigkeit der Belagsbildung auf dem Zielobjekt. Er wird berechnet, indem die Streuung (Standardabweichung) durch das arithmetische Mittel dividiert wird:

$$\text{Variationskoeffizient (VK)} = \frac{\text{Standardabweichung} * 100}{\text{Mittelwert der Stichproben}}$$

Diese Berechnung wurde in dieser Arbeit gesondert nach BOS und BUS vorgenommen.

Bei der graphischen Darstellung der Ergebnisse (Kap. 6.5) ist die Streuung der Einzelwerte als Prozentanteil vom Mittelwert der jeweiligen Blattseite dargestellt.

Im Weinbau gelten VK-Werte unter 100 % als akzeptable Werte für die Signifikanz von Blattbelagsversuchen (BÄCKER, 2012).

Die offenere Blattstruktur von Obstkulturen ruft eine weniger stark ausgeprägte Streuung hervor. Im Obstbau ist laut TRILOFF (2011) ein VK von unter 60 % üblich.

Ob die Stichproben der jeweiligen Versuchsvariante gegenüber einer zweiten aus einer Grundgesamtheit kommen, wird mit dem t-Test geprüft. Bei einem Fehlerprozent kleiner 5 %, entspricht  $p = 0,05$ , werden die Stichproben in dieser Arbeit als signifikant verschieden eingestuft. Mit diesem Signifikanztest können die Belagbildungseigenschaften der Geräte klarer voneinander abgegrenzt werden.

### **Grenzwerthäufigkeiten**

Mit einer anderen Berechnungsmethode gelingt eine qualitative Beurteilung für das Maß der Einzelwertverteilung durch die Bildung von Grenzwerthäufigkeiten (GWH). Die GWH bezieht sich in dieser Arbeit immer auf den gemeinsamen Mittelwert aller Stichproben innerhalb einer Versuchsreihe (gleicher Tag, gleiche Anlage).

Liegt die Belagsmasse eines Einzelblattes unter 25 % des Mittelwertes, kann der Belag auf diesem Blatt als unzureichend bewertet werden. Fallen die Werte der Einzelproben unter 10 % des Mittelwertes, werden diese als Blätter ohne feststellbaren Belag eingestuft.

Diese Bewertungsmethode hat zum Ziel, Geräte in einer Versuchsreihe mit gleichmäßiger Zielobjektbenetzung zu identifizieren. Der Anteil von nicht oder unzureichend belegten Blättern wird herausgefiltert und offen dargelegt.

### 4.5.7 Penetrationsmessstand

#### Aufbau des Penetrationsmessstandes

Die Messungen am Penetrationsmessstand bieten möglicherweise eine reproduzierbare Methodik in Ergänzung zu den Blattbelagsmessungen (Kap 4.5.6), die einer großen anlagenspezifischen Variabilität unterliegen. Das Penetrationsverhalten eines Gebläses beschreibt in diesen Versuchen das Eindringvermögen des luftgetragenen Wirkstoffes in einen fest stehenden 3-dimensionalen Distanzkörper, der die Durchdringungsebenen einer Laubwand simuliert.

Die Bauweise des Penetrationsmessstandes ist im Versuchswesen bislang einzigartig und es existieren lediglich Forschungsergebnisse von BÄCKER & STRUCK (2002).

Der Prüfstand (Abb. 43) ist 2,26 m hoch, 1,55 m lang und 1,00 m tief. Im System homogen verteilte Rundfilter imitieren die Belagsbildung an der Peripherie des Blattkörpers und den schwerer zugänglichen Zielpositionen im Innern der Laubwand. Die Messeinrichtung besteht aus insgesamt 28 senkrecht stehenden Kunststoffrohren mit einem Durchmesser von 100 mm, die in vier Ebenen angeordnet sind. Je Ebene sind sieben Rohre in einem Abstand von 100 mm platziert. Die Ebenen liegen mit einer Distanz von 170 mm parallel zueinander und die jeweils folgende Ebene ist so angeordnet, dass sie diagonal versetzt („auf Lücke“) zur vorherigen Ebene steht. Die Rohre müssen in einer Tiefe von 55 cm von der Gebläseluft umströmt werden.

Auf den Rohren sind höhenversetzte mit Silikon gefüllte Trägerstationen für die Kollektoren zum Auffangen der Sprühteilchen angebracht. Als Kollektoren werden Rundfilter (Fa. Schleicher & Schuell) mit einem Durchmesser von 55 mm verwendet, die mit Stecknadeln an die Träger geheftet werden. Die Filterpositionen umfassen acht Höhenzonen, beginnend bei 60 cm Entfernung vom Boden. In 20 cm Abständen verteilen sich diese aufwärts steigend bis in zwei Meter Höhe. Dies entspricht ungefähr den Abmessungen einer Standardlaubwand.

In Abb. 42 ist der messrelevante Ausschnitt des Prüfstandes dargestellt, der die höhendifferenzierte Anordnung der Filterpapiere skizziert.

Die Konstruktion besteht aus vier Wiederholungen (S1 bis S4) in vier Ebenen (E1 bis E4). Die jeweils außen liegenden Stangen des Messstandes werden nicht mit Kollektoren bestückt, da durch die äußere Rahmenkonstruktion ein verändertes

Strömungsverhalten vorliegt. 32 Einzelproben je Messebene bilden eine gesamte Stichprobenanzahl von 128 Filterpapieren je Versuchsvariante.

Die einzelnen Ebenen stellen die Laubdurchdringungszonen folgendermaßen dar:

E1: Entspricht der geräteseitigen Laubwandperipherie

E2: Gut zugängliche Bereiche der inneren Laub- und Traubenzone

E3: Schwer zugängliche Bereiche der inneren Laub- und Traubenzone

E4: Luftaustrittszone, Beginn der Geräte abgewandten Seite

Das Diagramm zeigt vier vertikale Säulen (S1, S2, S3, S4) in einer Reihe. Die Säulen sind durch horizontale Linien in Ebenen unterteilt, die von 60 cm bis 200 cm hoch sind. Vier farbige Pfeile (E1 bis E4) zeigen von links nach rechts auf die Säulen an verschiedenen Höhen an. Ein Pfeil am unteren Rand zeigt die Fahrtrichtung an.

**Abb. 42:** Schematische Darstellung des Penetrationsmessstandes.

Ein orangefarbener Metallrahmen mit vier vertikalen Säulen steht auf einem gepflasterten Platz. Die Säulen sind mit weißen Filterpapieren besetzt. Im Hintergrund ist ein weißes Gebäude mit einem grauen Dach zu sehen.

**Abb. 43:** Penetrationsmessstand.

### Durchführung der Penetrationsmessungen

Die Penetrationsmessungen wurden im Freiland auf einem durch umliegende Gebäude windgeschützten Standort durchgeführt. Die meisten Einstellungen erfolgten unter Verwendung der rechten Gebläsesseite. SMS und RMS wurden ebenfalls links getestet. Der Messablauf kann wie folgt beschrieben werden:

Das je nach Versuchsspezifikation justierte Sprühaggregat fährt, gemessen von der Gebläsemitte, in einem Abstand von 1,2 m am geschlossenen Prüfstand vorbei (Abb. 44) und appliziert den in Kap. 4.6 beschriebenen Tracerstoff BSF mit einer Konzentration von  $1 \text{ g L}^{-1}$ . Die Breite der Rahmenkonstruktion setzt diesen im Vergleich zu den übrigen Methoden erhöhten Messabstand voraus, und bei den Berechnungen zur Belagsquantifizierung ist von einer Zeilenbreite von 2,4 m auszugehen.

Nach der Antrocknungsphase erfolgt die Probenentnahme und Neubestückung bei zweiseitig aufgeklapptem Messstand. Zuerst muss die Entnahme der Rundfilter der am wenigsten belegten Zone (E4) durchgeführt werden, damit eine Konzentrationsverschiebung in die nächste Ebene durch die leicht kontaminierte Pinzette ausgeschlossen ist. Es folgt die Entnahme von E3, E2 und E1. Die Beschriftung der Schalen erfolgt nach der schematischen Vorgabe „Ebene; Wiederholung; Höhe“ (Bsp. E2; S3; H4). Die Probeschalen werden lichtgeschützt eingelagert. Vor der Durchführung der nächsten Variante erfolgt eine Reinigung der Kunststoffrohre und der Probenpinzetten von Farbstoffverschmutzungen.



**Abb. 44:** Durchführung der Penetrationsmessung.

### **Penetrationsindex**

Um das Penetrationsverhalten unterschiedlicher Gebläse vergleichsweise zu beurteilen, ist eine Indexbildung sinnvoll. Für eine Berechnung werden die Belagsmittelwerte von E2 auf 100 % gesetzt. Die Werte der anderen Ebenen werden prozentual an E2 orientiert. Die Gewichtung durch Multiplikationsfaktoren erfolgt anhand des Grades der Zugänglichkeit jeder Ebene nach dem Schema:

$$E1 = x 0,5; E2 = x 1; E3 = x 2; E4 = x 4.$$

Nach der Addition der Ergebnisse werden die Mittelwerte aller Ebenen gebildet und durch 100 dividiert. Die so erhaltene Zahl beschreibt den gerätespezifischen Penetrationsindex.

#### 4.5.8 Luftstromgeometrie nach Messstand-Penetration

Für eine Analyse der Gebläse-Restluftmengen nach der Durchdringung eines statischen Distanzkörpers wurden die in Kap. 4.5.2 beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Luftstromgeometrie und des Penetrationsverhaltens (Kap. 4.5.7) kombiniert.

Ein Versuchsaufbau dieser Art zur Untersuchung der Filterwirkung einer plastischen Laubwand auf den Gebläseluftaustrag ist bislang in keiner Veröffentlichung zu finden. Die Messungen erfolgten ohne Flüssigkeitsausstoß im Stand bei eingeschaltetem Gebläse. Der Penetrationsmessstand befand sich analog zur Penetrationsmessung während der Fahrt in einem Abstand von 1,2 m zur Gebläsemitte. Der Sensor zur Aufnahme der Luftstromgeometrie wurde mit einer Entfernung von 2,1 m ab Gebläsemitte, übertragen auf eine reale Behandlungssituation in der Mitte der nächsten Fahrgasse, positioniert (vgl. Abb. 45). Die Durchführung der Luftstrommessung erfolgte nach den in Kap. 4.5.2 erläuterten Versuchskriterien und die geprüften Varianten sind in Tab. 4 aufgelistet.

**Tab. 4:** Versuchsvarianten bei der Luftstromgeometrie nach Penetration.

Gerät	Zapfwellendrehzahl n (min <sup>-1</sup> )	Gebläseseite	Gebläsestufe
Rinklin	350	rechts	
	450	rechts	
	540	rechts	
ZA 28	400	rechts	1
	540	rechts	1
	540	rechts	2
ZA 24	400	rechts	1
	540	rechts	1
Geier	maximal	rechts	
SMS	maximal	rechts	

#### 4.5.9 Luftstromgeometrie nach Laubwand-Penetration

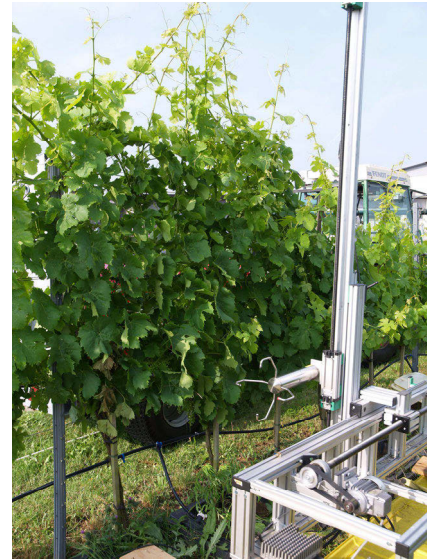
Eine ebenfalls bislang unbekannte Methode der Sprühgeräteanalyse stellt die Bestimmung der Luftstromgeometrie nach Durchströmung einer realen Laubwand dar. Bei voller Belaubung wurde der Luftmesstand in einer Weinbergszeile aufgestellt, so dass sich das Zentrum des Ultraschallsensors in einer Entfernung von 35 cm zur Laubwand befand. In der Nachbarzeile wurde das Testgebläse in einem Abstand von einem Meter zur Laubwand ab Gebläsemitte positioniert (vgl. Abb. 46). Bei verschiedenen Gebläseeinstellungen wurden in der Folge Luftprofile aufgezeichnet.

Die Wiederholung der einzelnen Gebläsevarianten erfolgte an zwei weiteren Stellen der Laubwand, jede Messung wurde somit drei Mal durchgeführt.

Nach dieser Methode wurden Messungen von den Geräten Rinklin Serie und Wanner ZA 28 in jeweils drei verschiedenen Drehzahleinstellungen vorgenommen (vgl. Tab 4). Die anderen Geräte waren zum Messzeitpunkt nicht verfügbar.



**Abb. 45:** Luftmessung nach Messstandpenetration bei dem Sprühgerät ZA 28.



**Abb. 46:** Versuchsaufbau bei Luftmessungen nach Laubpenetration.

#### 4.5.10 Messung der sedimentativen Abdrift

Die Versuche zu den Abdrifteigenschaften der Testgeräte wurden ausgehend von der geltenden JKI-Richtlinie (ehemals BBA-Richtlinie) „Teil VII 2-1.1: Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland“ und der Richtlinie „Teil VII, 1-2.3.3: Verfahren zur Eintragung von Pflanzenschutzgeräten in den Abschnitt „Abdrift“ des Verzeichnisses „Verlustmindernde Geräte“, Stand Februar 2003“, durchgeführt. Ein Konglomerat der vorstehenden Richtlinien bildete die Grundlage der im Folgenden beschriebenen Abdriftuntersuchungen.

Die Geräte konnten anhand dieser standardisierten Prüfungen in eine von derzeit fünf Abdriftminderungsklassen (50 %, 75 %, 90 %, 95 %, 99 %) eingestuft werden. Aus dieser Klassifizierung geht generell hervor, mit welchem Mindestabstand die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in der Nähe von Oberflächengewässern und terrestrischen Biozönosen (Fauna, Flora) zu erfolgen hat.

## Versuchsbeschreibung Abdriftmessung

Der Feldversuch fand unter optimalen Standortbedingungen für Abdriftmessungen statt. Geeignet sind Weinberge, die an benachbarte Freiflächen grenzen und eine gute Befahrbarkeit mit einer gleichmäßigen Arbeitsgeschwindigkeit zulassen und mindestens acht Zeilen aufweisen. Die Zeilen sollen so expositioniert sein, dass ein konstantes Windaufkommen in horizontaler Bewegung in Richtung Freifläche besteht, somit eine Fahrtrichtung quer zur Windrichtung gewährleistet ist. Gut geeignet sind freistehende Weinbergplateaus, die eben und gleichzeitig windoffen sind. Diese Parameter erfüllt eine Versuchsparzelle in Ober-Hilbersheim (Kap. 4.1).

Bei besagtem Weinberg mit einer Nord/West-Süd/Ost-Zeilung sind dort die Versuchsbedingungen erreicht, wenn ein für Rheinhessen typisches Süd-Westwind-Aufkommen mit maximal 30° Abweichung im Durchschnitt der Hauptwindrichtung mit einer Windgeschwindigkeit zwischen 2,0 - 5,0 m·s<sup>-1</sup> vorherrscht. Im Weinbau sind die Versuche in späten Entwicklungsstadien durchzuführen. Das Versuchsdatum vom 11.08.2010 lag mit einem späten Entwicklungsstadium (BBCH 77/81) bei einer abgeschlossenen Vegetation in einem optimalen Zeitraum. Die Schlepperzapfwelle betrieb jedes Sprühgerät mit 540 min<sup>-1</sup> bei der ersten Gebläsestufe. Als Referenzdüse für die getätigten Versuche diente die Flachstrahl Injektordüse AVI 80 02, die mit einem Druck von 10 bar betrieben wurde. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km h<sup>-1</sup> und einer gerätespezifischen Düsenanzahl entstanden unterschiedliche Wasseraufwandmengen. Rinklin brachte mit acht Düsen 584 L ha<sup>-1</sup>, Lipco GSG mit zehn Düsen 730 L ha<sup>-1</sup> und ZA 24 mit zwölf Düsen 876 L ha<sup>-1</sup> aus.

Bei der Vorbereitung eines Versuchsfeldes für Abdriftstudien (Abb. 48) wird im Weinberg in Anlehnung an die JKI-Richtlinien stets eine Fahrstrecke von 30 Metern abgesteckt. Auf dieser Messstrecke appliziert der Fahrer mit dem in der Prüfung befindlichen Sprühgerät die mit fluometrischem Farbstoff BSF (vgl. Kap. 4.6) versetzte Nachweisflüssigkeit. Die zuvor auf der benachbarten Freifläche platzierten Probengefäße unterliegen einer vorgegebenen Aufteilung in fünf Entfernungsbereiche, ausgehend von der Behandlungsfläche, jeweils in zehnfacher Wiederholung (vgl. Abb. 47). Mit einem Abstand von drei Metern werden parallel zum Weinberg auf einer Gesamtlänge von zehn Metern zehn Petrischalenträger in den Boden eingeschlagen. Dies ist analog bei einem Abstand von 5, 10, 15 und 20 Metern durchzuführen. Insgesamt befinden sich zum Zeitpunkt der einzelnen Versuchs-

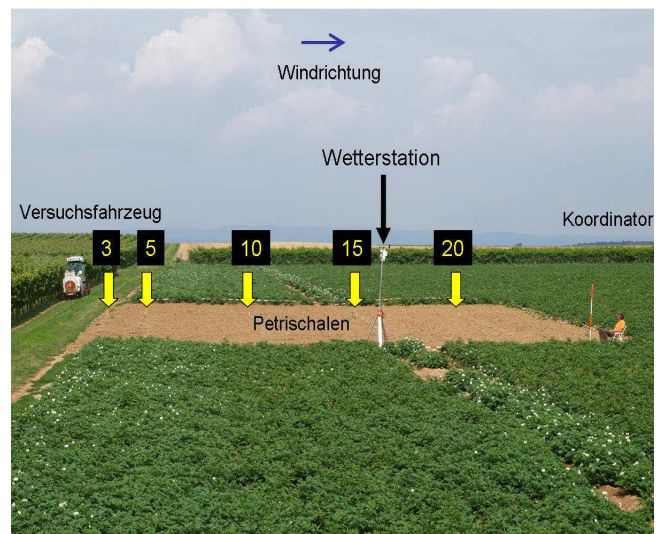
wiederholung jeweils insgesamt 50 Petrischalen (Durchmesser 145 mm) als Probengefäße auf dem unbepflanzten Nachbargelände.

Zur Ermittlung der Abdriftklasse werden drei Weinbergszeilen mit einseitig zum Weinberg gerichtetem Flüssigkeitsausstrag gefahren, bei den Zeilen 4 bis 8 sind alle verfügbaren Teilbreiten geöffnet. In einer zweiten Variante wird nur die Randzeile (Zeile 1) einseitig befahren, der Rest (Zeile 2 bis 8) beidseitig besprüht. Diese Variante stellt höhere Anforderungen an die Zielgenauigkeit eines Gebläses, da sich die Driftgefahr erhöht. Jede Variante muss dreimal wiederholt werden.

Während der Messungen werden die Parameter Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperatur in der nach den Versuchsrichtlinien vorgeschriebenen Höhe von 4,0 m und in 5,0 m Entfernung von der Versuchsfläche in der Mitte der Messfläche ständig aufgezeichnet. Die dort platzierte höhenverstellbare Wetterstation „Meteorologie 145x6“ (Lambrecht Meteorological Instruments) sendet die Daten an einen Analysecomputer, dessen Bediener die Terminierung jeder einzelnen Versuchsfahrt koordiniert.



**Abb. 47:** Anordnung der Probengefäße bei Abdriftmessungen als Luftbildaufnahme (Quelle: Google Earth).



**Abb. 48:** Versuchsfeld der Abdriftmessung und gestaffelte Entfernung der Probengefäße zur Behandlungsfläche bei 3, 5, 10, 15 und 20 m.

Sobald die Werte der Windgeschwindigkeit und Windrichtung in dem für den Versuch erforderlichen Spektrum von  $2,0-5,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  und  $\leq \pm 30^\circ$  aus der Senkrechten zur Reihenrichtung liegen, wird dem am jeweiligen Startpunkt mit laufendem Motor wartenden Schlepperfahrer durch die Erhebung eines Signalfahls das Zeichen für die Einfahrt in die Versuchsstrecke gegeben.

Der abgedriftete Farbstoff, der vom Wind aus der Anlage als Sediment in die Freifläche getragen wird, sammelt sich in den ausgelegten Petrischalen. Diese werden vor dem Versuch mit einem wasserfesten Marker mit einer Codierung nach dem Format „Variante, Wiederholung, Driftabstand-Schalenummer“ z.B.

„Rin1\_1\_3-1“ versehen.

Beim sofortigen Verschließen und Einsammeln der Schalen nach der Überfahrt muss eine Kontamination der Gefäße durch aufgewirbelten Staub vermieden werden. Das Herantreten des Sammelpersonals erfolgt stets auf der vom Wind abgewandten Seite. Der durch vorhergehende Messungen farbstoffhaltige Staub kann sonst die Messergebnisse verfälschen.

Die ermittelten relativen Sediment-Werte der zehn Wiederholungen je Messabstand werden anhand einer fluorometrischen Bestimmung im Labor (Kap. 4.6) als Medianwert in Prozent der ausgebrachten Nachweisstoffmenge ausgegeben. Daraus wird die erzielte Reduktion der Abdrift in Bezug zu den Abdrifteckwerten „Weinbau spät“ der „Biologischen Bundesanstalt Braunschweig“ errechnet (GANZELMEIER, 1992).

## 4.6 Fluoreszenzspektrometrische Auswertung

Belagsquantifizierende Methoden, die als chemische Nachweismedien UV-aktive Tracerstoffe verwenden, werden bei der Auswertung über die Konzentration je Einzelprobe bestimmt. In der vorliegenden Arbeit sind die Versuchsmethoden Vertikalverteilung während der Fahrt (Kap. 4.5.5), Blattbelag (Kap. 4.5.6) Penetration (Kap. 4.5.7), und Abdrift (Kap. 4.5.10) der photometrischen Analytik zugeordnet.

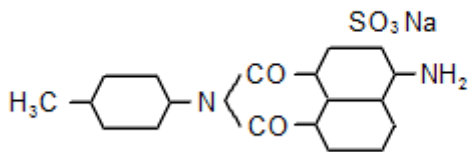
Die Fluoreszenzspektroskopie ist eine instrumentelle Analytik zur optischen Quantifizierung von wässrigen Analyten. Bei dieser Methode wird mittels energiereicher Strahlung eine messbare Emission erzeugt. Das Funktionsprinzip dieses analytischen Verfahrens beruht darauf, dass Elektronen bestimmter Moleküle durch Energieaufnahme auf ein höheres Energieniveau steigen. Dieser Zustand ist instabil und bei Abbruch der Energiezufuhr fällt das Elektron unter Abgabe von Energie in den energiearmen Ausgangszustand zurück. Diese Energieabgabe ist durch optische Systeme messbar (SKOOG & LEARY, 1992).

## Tracerstoff

Als chemischer Marker zur photometrischen Konzentrationsbestimmung dient das von BAU et al. (1971) für quantitative Belagsmessungen empfohlene Brillant-Sulfoflavin (BSF) mit der Summenformel  $C_{19}H_{14}N_2NaO_5S$ .

BSF wird durch den Hersteller Waldeck GmbH & Co. KG in Münster vertrieben. Die Strukturformel stellt sich wie folgt dar:

4-Amino-N-p-tolylnaphtalin-1-8-di-carbonsäureimid-3-sulfosaures-Natrium  
und die Moleküle sind wie in Abb. 49 dargestellt angeordnet.



**Abb. 49:** Die Molekülstruktur des Fluoreszenzfarbstoffes „Brillantsulfoflavin“ (BSF).

BSF liegt im festen, pulverisierten Zustand mit matt gelben Farbeigenschaften vor. Es entwickelt sich eine leuchtend signalgelbe Farbe im hydratisierten Zustand.

Anhand der oxidationsempfindlichen Stoffeigenschaften obliegt BSF zu vermeidenden Bedingungen. Es darf nicht mit Elektrolyten in Kontakt gebracht werden, da es sonst zum teilweisen Verfall des Stoffes kommt und niedrigere Messergebnisse abgezeigt werden. Besonders muss deshalb auf PSM-Reste von reduzierendem Kupfersulfat im Brühebehälter des Sprühgerätes geachtet werden. Des Weiteren ist BSF wärme- und UV-empfindlich.

Das Einstreuen des pulverisierten Nachweisstoffes in den Brühebehälter erfolgt bei eingeschaltetem Rührwerk unter Beachtung der vollständigen Verflüssigung des Pulvers, so dass ein konstantes Gemisch mit gewünschter Zielkonzentration im Sprühmedium vorliegt. Unter Berücksichtigung der Vorratstankgröße des Pflanzenschutzgerätes und der resultierenden Flüssigkeitsbewegung während der Fahrt wird eine Brühmenge von 200 Litern als ausreichend angesehen, um ein konstantes Sprühen ohne Lufteintrag in die Schlauchleitungen zu gewährleisten. Die Leitungs- und Pumpensysteme des Pflanzenschutzgerätes müssen vor Versuchsbeginn komplett mit dem Tracermedium gespült werden, damit es nicht zur Ergebnisverfälschung durch anderweitige flüssige Restbestände (Frostschutzmittel, PSM) kommt. Das Personal arbeitet während des Versuchsablaufs mit periodisch zu wechselnden Nitrilhandschuhen, um einer Verschleppung des Farbstoffes

vorzubeugen. Bei einem Gerätewechsel ist stets eine separate Tankprobe des Applikationsmediums zu ziehen, die bei der Auswertung als Referenzprobe für die gerätespezifische Eichung des Fluoreszenzspektrometers verwendet wird.

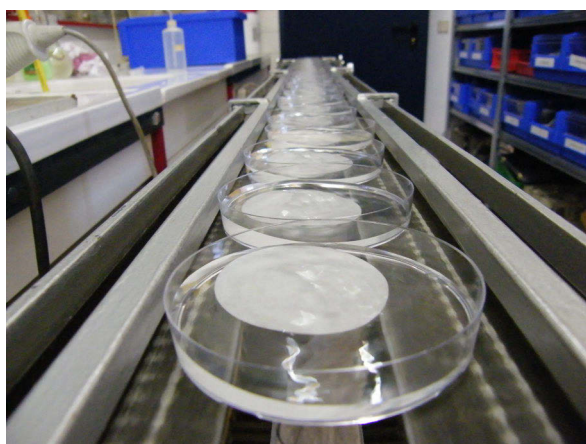
### Probenvorbereitung

Zur fluorometrischen Messung müssen flüssige Analyte vorliegen. Bei den Belagsmessungen (Kap. 4.5.6) geht die eingelagerte Einzelprobe auf den abgelösten Belag einer vordefinierten Waschlösung (10 mL) zurück. Die Proben liegen messfertig vor.

Das Probenmaterial der Vertikalverteilung (Kap. 4.5.5) und Penetrationsmessung (Kap. 4.5.7) wird in Form benetzter Filterpapierstreifen und Rundfilter trocken eingelagert. Abdriftproben (Kap. 4.5.10) liegen als mit Tracerstoff kontaminierte Petrischalen vor.

In einer Vorstufe muss der Farbstoff abgewaschen oder hydratisiert werden.

Die Überführung ins flüssige Medium erfolgt über die Zugabe einer definierten Menge destilliertem Wasser (Aqua dest.) in die Probenpetrischale mittels elektronischer Dosierpipette. Den Proben der Abdriftversuche wird je Petrischale 70 mL Aqua dest. zugegeben, bei Vertikalverteilung und Penetration 30 mL. Die homogene Verteilung des Farbstoffes in der Lösung ist durch eine zweiminütige Verweildauer auf einem periodisch schwankenden Bandrüttelpult gewährleistet (Abb. 50). Am Ende des Rüttelpultes wird die Flüssigkeit manuell in konische Plastikzylinder überführt und auf ein Probenablett einsortiert (Abb. 51).



**Abb. 50:** Rüttelband zur Farbstoffauswaschung der kontaminierten Rundfilter nach Penetrationsmessungen.



**Abb. 51:** Probenaufbereitung der Farbstofflösungen für die Messung mit dem Photometer.

## Messvorgang

Das in Abb. 52 dargestellte Lumineszenz-Spektrometer Typ LS 30 (Fa. Perkin Elmer) misst fluoreszierende Flüssigkeiten in einem Wellenlängenbereich von 200 bis 650 nm mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  nm. Im Geräteinneren erzeugt eine Quecksilberhochdrucklampe energiereiche, ultraviolette Lichtstrahlung im Bereich von 444 nm die durch eine 7  $\mu$ l Messzellenküvette strahlt, welche mit der Untersuchungsprobe gefüllt ist. Diese Extinktion regt die Elektronen der Natriumatome des BSF von einem 3-s auf ein 3-p Energieniveau an. Durch das Erlöschen der Lichtquelle geben die Elektronen energieärmere, langwellige Strahlung beim Zurückfallen in den Ursprungszustand ab. Diese Emission wird bei einer Wellenlänge von 503 nm gemessen.

Vor der Messung muss ein Blindwert (Nullwert) kalibriert werden. Da entmineralisiertes Wasser als BSF-Trägermedium selbst eine leichte Fluoreszenz aufweist, dient die Hintergrundmessung als Korrekturfaktor der ermittelten Werte.

Als Eichlösung wird die 0,1 %ig verdünnte Tankprobe (Feldkorrektur) der aktuellen Versuchsvariante verwendet. An ihr orientiert sich die Messung, indem die photometrische Frequenz an die Intensivität der Farbstoffcharge angepasst wird. Die Messergebnisse bewegen sich zwischen dem Nullwert (0 % Belag) und dem aus der Tankprobe abgeleiteten Maximum (100 % Belag).

Je nach Versuchsmethode wird mit der Eichlösung ein Skalenwert kalibriert, der den maximal möglichen Belagswert einer Einzelprobenmessung darstellt. Bei den Blattbelagsmessungen, Penetrationsmessungen und Vertikalverteilungsmessungen werden 1.000 Skalenteile meist als ausreichend angesehen, da der Farbstoff in sehr hohen Konzentrationen optisch sichtbar auf den Zielflächen angelagert ist. Da bei Abdriftmessungen besonders in die weit entfernten Petrischalen sehr geringere Farbstoffmengen gelangen, wird der maximal mögliche Skalenwert von 10.000 verwendet, um die Anzeigegenauigkeit zu erhöhen.

Eine Feldversuchsvariante der Abdriftversuche unterliegt drei Messwiederholungen. Von jeder Wiederholung werden im Labor jeweils drei photometrische Messdurchgänge vorgenommen. Für die Ergebnisdarstellung werden die Minimalwerte der drei Messungen angenommen. Diese Vorgehensweise schließt große Einzelwertstreuungen durch Probenverunreinigung, z.B. durch mit Farbstoff kontaminierte Staubpartikel, aus.

Bei der automatischen Probenzufuhr durch den Auto-Sampler (Perkin Elmer AS 91) ist stets der Verschleppungsfaktor in der Küvette zu berücksichtigen. Die Messungen

der geringeren Konzentrationen sollten am Anfang eines Messvorgangs stehen. Eine ausreichende Dauer der Pumpzeit ist wichtig, um Restmengen der vorhergehenden Probe zu verdrängen.



Abb. 52: Lumineszenz-Spektrometer Typ LS 30.

### Auswertung

Das Programm ASP 3.1 (Fa. Biolight) überträgt die photometrischen Skalenwerte in eine Exceltabelle. Die Berechnung erfolgt mit den Relativwerten, also Prozentangaben, nicht mit den Absolutwerten in  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Die Prozentangaben beziehen sich auf die pro Hektar ausgebrachte PSM-Menge und werden über den Medianwert ermittelt, was dem halben Percentilwert entspricht. Die Hälfte der Werte befindet sich bei der prozentualen Verteilung unter dem Median, die andere Hälfte liegt darüber. Das arhythmische Mittel ist, statistisch betrachtet, bei dieser Messung ungeeignet, da extrem abweichende Werte dort beeinflussend in die Wertung mit einfließen würden.

Bei der Berechnung der Einzelwerte findet folgende Formel Anwendung, um die Beläge in  $\mu\text{g cm}^{-2}$  zu erhalten:

$$\frac{\text{Messwert} * \text{Korrekturfaktor} * \text{Abwaschflüssigkeit}}{\text{Eichwert} * \text{Kollektorfläche} * \text{Eichwertfaktor} * \text{Messbereichsfaktor}}$$

## 5 Material und Methoden der Pflanzenschutzumfrage

### 5.1 Konstruktion der Online-Umfrage

#### **Thesen und Fragestellungen**

Eine systematische Vorgehensweise zur Erstellung einer Umfrage verlangt nach Aussagen von ATTESLANDER (2008) zunächst eine Spezifizierung des Untersuchungsgegenstandes. Es sollte untersucht werden, wie differierende Applikationstechniken mit unterschiedlichen Strategien zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln, besonders im Steilhang, zum gesicherten Behandlungserfolg führen. Hierfür mussten möglichst viele Weinbauunternehmer ihre Pflanzenschutzstrategie und ihre Betriebshintergründe darlegen. Der komplette Fragebogen mit Einleitung, Hauptteil und Schlussformel befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Um die Anforderungen an das zu erhebende Datenmaterial so weit wie möglich zu präzisieren, wurden vor der Fragenkonzeption Hypothesen aufgestellt. Dabei wurden gleichzeitig Merkmale oder Indikatoren zur Überprüfung der Hypothesen festgelegt, die zur Ausformulierung der Fragen dienten. Die Thesen und zu beantwortenden Fragen sind im Folgenden, thematisch gegliedert, aufgeführt.

#### **Anbaugebiete und Flächengrößen**

Frage: Aus welchen Anbaugebieten werden Angaben zur Steillagenbewirtschaftung dargelegt?

Frage: Wie verhalten sich die Betriebsgrößen, abhängig von Direktzug- oder Steilhangbewirtschaftung?

These: Steilhangbetriebe haben eine durchschnittlich kleinere Betriebsgröße als Direktzugbetriebe und der Großteil der Steillagenwinzer ist im Anbaugebiet Mosel vorzufinden.

#### **Flächencharakteristik**

Frage: Welches sind die am häufigsten genannten Reihenbreiten bei Steillagenflächen?

Frage: Sind eventuell Ansätze von teils eigens initiierten Flurbereinigungen für eine bessere Mechanisierbarkeit zu erkennen?

These: Die am meisten verbreiteten schmalen Weinberge lassen anlagentechnisch in den wenigsten Fällen eine moderne Mechanisierung zu.

### **Ökologische Wirtschaftsweise**

Frage: Wie weit ist die Verbreitung der ökologischen Wirtschaftsweise in Steillagen vorangeschritten?

Frage: Ist dies bei der Applikationstechnik der Zukunft zu berücksichtigen?

These: Der zusätzliche Aufwand einer Ökobewirtschaftung ist im Steilhang zeitlich nicht tragbar, daher weniger verbreitet.

### **Minimalschnitt**

Frage: Werden Minimalschnittsysteme auch im Steilhang angewendet?

Frage: Welche Gebläsebauarten werden im Minimalschnitt verwendet und wie ist der Behandlungserfolg?

These: Radialgebläse finden durch ihre hohe Luftleistung stärkere Anwendung.

These: Betriebe mit Minimalschnittsystem setzen engere Spritzintervalle.

### **Behandlungsstrategie**

Frage: Hat sich die Verwendung abdriftmindernder Injektordüsen auch im Steilhang durchgesetzt?

Frage: Wird durch die hohe Arbeitsbelastung zur Pflanzenschutzsaison nur jede zweite Reihe befahren?

Frage: Wie intensiv sind die Trauben durch Entlaubung für PSM freigestellt?

These: Im Steilhang wird durch die hohe Sonneneinstrahlung weniger intensiv entlaubt als im Direktzug.

### **Mechanisierung**

Frage: Wie hoch ist der Anteil der Betriebe mit Hubschrauberspritzungen?

Frage: Welches Risiko birgt das EU-weite Hubschrauberverbot?

Frage: Sind die Betriebe bereit, durch bessere Mechanisierungslösungen aktuelle Brachflächen wieder zu rekultivieren?

Frage: Gibt es verstärkte Krankheitsprobleme bei einer bestimmten Applikationsweise?

Frage: Wie hoch ist der Zeitgewinn bei moderner Applikationstechnik? Welches System bewerkstelligt welche Flächenleistung pro Tag?

These: Das RMS-Gerät besitzt als bodenseitiges Gerät die höchste Flächenleistung.

These: Es wird kaum Überzeilentchnik im Steilhang eingesetzt.

### **Steillagengeräteträger**

Frage: Auf wie viel Prozent der Steillagenflächen wäre der Einsatz eines multifunktionalen Geräteträgers denkbar?

These: Die meisten Winzer stehen dem Steillagenvollernter kritisch gegenüber.

### **Zukunft**

Frage: Wie stehen die Steillagenwinzer der Zukunft gegenüber?

These: Ein Großteil der Betriebe mit hohem Steillagenanteil steht der Zukunft eher negativ gegenüber.

These: Viele Winzer sehen zurzeit keine Alternative nach dem Wegfall des Hub-schraubers.

## **5.2 Strukturierung des Fragebogens**

### **Einleitungstext**

Der Einleitungstext einer Befragung zum Zweck der wissenschaftlichen Forschung sollte nach BOSNJAK & BATINIC (1999) unbedingt auch als wissenschaftlich gekennzeichnet werden, da dadurch die Teilnahmebereitschaft und die Akzeptanz signifikant positiv beeinflusst wird. Das Einfügen des Logos der weinbaulich renommierten Hochschule Geisenheim und die Angabe des Zwecks der Untersuchung zur Verfassung einer Dissertation verdeutlichten den Teilnehmern die Wissenschaftlichkeit und Ernsthaftigkeit der Umfrage. Durch deutliche Formulierung des Untersuchungsgegenstandes anhand brisanter Praxisfragen zur Pflanzenschutzthematik wurde zunächst die Neugier der Probanden geweckt, welche anhand der Untersuchung von BOSNJAK & BATINIC signifikant noch vor dem Verlangen der Befragten steht, einen Beitrag für die Forschung zu leisten. Als weiteres teilnehmerrelevantes Motiv ist die potentielle Selbsterkenntnis der Probanden aufzuführen, da diese den Nutzen für ihren Weinbaubetrieb klar erkennen wollen. Dieses Motiv wurde mit der Ankündigung eines Fachartikels in einer bekannten Weinbauzeitschrift berücksichtigt.

Hervorzuheben ist nach SCHNELL (1999) auch die Wahrung der Anonymität. Durch das Versprechen, dass alle erhobenen Daten vertraulich behandelt werden und besonders die Angabe der Mailadresse keine negativen Folgen für den Teilnehmer birgt, wurde die Anonymität gewahrt. Die Zeitinvestition des Teilnehmers wurde mit zehn bis fünfzehn Minuten realistisch angekündigt, was jedoch durchschnittlich bei den meisten Teilnehmern überschritten wurde (siehe Kap. 7.1).

Als kleiner materieller Anreiz wurde in der Schlussformulierung die Verlosung eines teuren Injekordüsensatzes angekündigt, was in der Motivrangfolge aber signifikant als letzter Punkt zu positionieren ist. Solche „Incentives“ können nach BOSNJAK & BATINIC (1999) nur zur Motivation beitragen, wenn möglichst ein untersuchungs- und zielgruppenspezifisch neutraler Anreiz für die Teilnahme geschaffen wird.

### **Hauptteil**

Die Struktur der Umfrage nach der Einleitung umfasste fünf deutlich voneinander getrennte Themenbereiche, die mit den Überschriften „Allgemeine Angaben“, „Sonderteil Steillagenweinbau“, „Zu Ihrem Pflanzenschutzgerät“, „Zu Ihrer Pflanzenschutzstrategie“, „Beurteilung Ihrer Pflanzenschutzstrategie“ gekennzeichnet und von den Probanden seitenweise abgehandelt wurden.

Der Fragebogen begann mit der allgemeinen Erhebung der Herkunft und der Betriebskenndaten. Dies waren leichte Fragen, die nur ein paar Sekunden benötigten ohne gleich eine Überforderung durch zu hohen Schwierigkeitslevel auszulösen. Unerfahrenen Winzern mit weniger Internetkenntnis wurde der Einstieg dadurch erleichtert und die Autorin erkannte simultan, in welchem Anbaugebiet die Stimmen abgegeben wurden. Mit diesem System konnten Erfolgs- und die Abbrecherquote der unterschiedlichen Mailverteiler (Akquirierungsfelder) beurteilt werden.

Steillagenwinzer kamen durch gezielte Filterführung sehr früh zum Themenbereich der Steillagenfragen. Diejenigen, die „Frage 9“ nach der Bewirtschaftung von Flächen über 40 % Steigung bejahten, wurden zum Steillagensonderteil geleitet, den die Direktzugwinzer durch einen eingebauten Filter übersprangen.

Es handelte sich in diesem Umfrageabschnitt teilweise um sehr anspruchsvolle Fragen, da das gesetzlich beschiedene Hubschrauberverbot und dessen Auswirkungen bei einigen Probanden bis hin zur Gefährdung der eigenen Existenz reichen können. Das Wecken emotionaler Zusammenhänge konnte in diesem Zusammenhang ein Zeit zehrender Faktor sein.

Bei anschließenden Fragen zur Pflanzenschutztechnik, z.B. der Nennung des Sprizentyps, mussten diverse Winzer am Gerät nachschauen, da ihnen die Bezeichnung nicht geläufig ist. Diese und andere zeitintensiven Informationsbeschaffungen zur Pflanzenschutzstrategie gehörten zum Mittelteil der Umfrage.

Im letzten Abschnitt der Befragung mussten vom Befragten eventuell Pflanzenschutzzeichnungen herausgesucht werden, um den Krankheitsdruck der vergangenen Vegetationsperioden zu rekapitulieren.

Das verwendete Frageinstrumentarium umfasste das nötigste Portfolio der offenen und geschlossenen Fragen. Es lagen Ja/Nein-Fragen, tabellarische Beurteilungsfragen, Fragen mit Einfach- und Mehrfachnennungen und Schiebereglerkalierungen vor.

Die wichtigste Beurteilungsfrage zur Befallssituation der letzten sechs Jahre wurde in geschlossener Form mit einer nur dreistufigen Ratingskala durchgeführt (kein Befall, schwacher Befall, sehr starker Befall). Eine detailliertere Skalierung, wie sie bei der Verwendung der siebenstufigen Likertskala genutzt wird, wurde bewusst nicht bei der Befragung gewählt. Zu unterschiedlich ist das persönliche Empfinden von Befallsdruck und die Eindrücke lagen zudem etwas länger zurück.

Nach Hüttner (1997) sollen möglichst wenige Variationen der verwendeten Fragearten Anwendung finden, um keine Überforderung mit ständig wechselnden Strukturen zu erzeugen.

### **Schlussformel**

Im letzten Teil der Befragung soll neben der Dankesformel nach SCHNELL et al. (1999) eine Möglichkeit der Kommentierung der Untersuchung sowie ausreichend freier Raum für Bemerkungen gegeben werden. Die Befragten konnten nach ihrem Ermessen nicht exakt genug formulierte Fragbereiche innerhalb der Umfrage bei Bedarf wieder aufgreifen. Auch für emotional geprägte Ansichten wurde hier Platz geboten. Eine Auswertung dieser Kommentare (siehe Anhang) erschloss weitere interessante Forschungszusammenhänge. Zudem wurde im Schlussteil höflichst um die Mailadresse für die Verlosung gebeten.

### 5.3 Online Feedback System zur Datenerhebung

Der finale Fragebogen wurde in einen Onlinefragebogen des Anbieters „Easy Feedback“ transferiert.

Die Nutzung eines Online Umfragetools bot eine einfache Möglichkeit zur Gestaltung, Versendung und Verwaltung des Fragebogens über das Internet. Das von Dennis Wegner veröffentlichte Online-Programm „Easy Feedback“ ([www.easy-feedback.de](http://www.easy-feedback.de)) wurde auf Grund der Übersichtlichkeit der Benutzeroberfläche und der ständigen Möglichkeit zur persönlichen Kontaktaufnahme mit dem Servicecenter für die Pflanzenschutzumfrage genutzt. Im Control-Center des Programms konnte die Sicherstellung der Einmalteilnahme und Verhinderung der Manipulation erfolgen. Über das Setzen einer IP-Sperre (Sperrung des Teilnehmercomputers bei Aufruf der Abschlusseite) oder alternativ die Verwendung von Cookies (interaktive Lesezeichen) konnte auf diese Weise eine Mehrfachteilnahme ausgeschlossen werden. Bei der vorliegenden Umfrage wurden in der Dopplung Cookies in Verbindung mit einer IP-Sperre eingesetzt. Cookies wurden zudem zur Wiederaufnahme abgebrochener Beantwortungsvorgänge der Teilnehmer benötigt, damit der Fragebogen an zuletzt bearbeiteter Stelle wieder aufgenommen und fortgesetzt werden konnte. Diese Funktion war allerdings browsergebunden und die Verwendung eines anderen Browsers ermöglichte diesen Wiedereinstieg nicht. Auch eine Mehrfachteilnahme wäre in diesem Fall möglich gewesen. Hier griff als Sicherheitsinstanz die zusätzliche Erfassung der IP-Adresse.

Im Easy Feedback Dashboard war für die Moderatorin der Umfrage eine sekunden-genaue Darstellung des Umfrageverlaufes abrufbar. Diese Funktion ermöglichte eine ständige Kontrollaufsicht, damit Fehlverläufe der Umfrage umgehend angezeigt und behoben werden konnten. Das Anzeigen der Zwischenergebnisse bei laufender Umfrage war so jederzeit möglich. Die tabellarischen Ergebnisse lagen als Excel<sup>TM</sup>- oder CSV-Dateien vor und sind generell für die Übertragung in Statistik-Software-Programme geeignet.

## 5.4 Pretest

Bevor eine Untersuchung im Internet veröffentlicht wird, sollte der Fragebogen empirisch zur Vermeidung von Methodenfehler überprüft werden. Dies erfolgt nach KIRCHHOFF (2000) durch einen vorgeschalteten „Pretest“ (Testzugang). Je nach Ergebnis kann bzw. muss nochmals zu den vorausgegangenen Arbeitsschritten zurückgekehrt und der Fragebogen aufgrund der Pretestergebnisse optimiert werden. Dazu wird der Fragebogen an Testpersonen erprobt. Diese sollen der Zielgruppe ähnlich sein und den Fragebogen unter denselben Bedingungen, d.h., sie haben denselben zeitlichen Rahmen und örtliche Begebenheit, ausfüllen. Diese Methode gibt Hinweise auf redundante Fragen, einen ausreichenden Spannungsbogen im Fragenverlauf, Logik und Verständlichkeit der Fragen, zeitliche Machbarkeit, sprachliche Fehler, inhaltliche Fehlstellen und ausreichende Abstufungen der Bewertungsfragen anhand von Skalierungen (BEYWL & SCHEPP-WINTER, 2000). Vordergründig muss auf verständliche und eindeutige Formulierungen geachtet werden.

Aus fachlicher und wissenschaftlicher Sicht stand der Mitarbeiterstamm des Instituts für Technik an der Hochschule Geisenheim zur Verfügung. Die Prüfung der Formulierungen und des logischen Aufbaus sowie die Begutachtung des Fragebogendesigns, erfolgte durch fachfremde Personen. Die Eignung für die zukünftige Probandenzielgruppe wurde durch die Mithilfe von fünf ehemaligen Studienkollegen getestet. Nach Abschluss des Pretests konnte die Feldphase beginnen und der Fragebogen wurde online gestellt.

## 5.5 Durchführung Online-Umfrage

### **Rekrutierung der Teilnehmer**

Bei Erhebungen wird zwischen der aktiven und der passiven Stichprobenrekrutierung unterschieden. Bei einer aktiven Stichprobenziehung wird versucht, durch entsprechend aussagekräftig formulierte Einladungen in E-Mails Personen zur Teilnahme zu bewegen (THIELSCH & WELTZIN, 2009).

Die Stichprobe wurde aktiv anhand des soziodemographischen Merkmals des Berufsstandes erhoben, so dass nur Weinbau treibende Personen, also Winzer, daran teilhaben konnten. Bei der Verbreitung der Umfrage wurden offizielle Weinbauberatungsstellen mit umfangreichen, selektiven Mailverteilern als Übertragungs-

organe genutzt. Durch die gezielte Kontaktaufnahme mit ausgewählten Institutionen wie Weinbauverbänden, Gebietsweinwerbungen, Ökoverbänden, dem Deutschen Weininstitut, der Landjugend und diversen Winzergruppierungen konnte ein weinwirtschaftsinterner Multiplikatoreffekt aktiv genutzt werden. Steillagenwinzer wurden explizit über das Steillagenberatungszentrum in Bernkastel-Kues angesprochen.

Die Kontaktaufnahme über vertraute Mittler weckte die Aufmerksamkeit der potentiellen Teilnehmer und schloss einen Missbrauch der vertraulichen Daten durch die Autorin aus. Nur aus motivatorischen Gründen (Teilnahme an Verlosung) wurde auf freiwilliger Basis die Möglichkeit zur Angabe der Mailadresse gegeben.

Auch konnte die Autorin Eva Vollmer ihren weitläufigen Bekanntheitsgrad in der Weinszene nutzen. Die Bereitschaft zum Ausfüllen der Umfrage, um somit einen Beitrag zur Erstellung der vorliegenden Arbeit zu liefern, wurde aus Sympathie gegenüber der Verfasserin teilweise gefördert. Weiterhin wurde das zielgerichtete Kontaktieren von Winzerkollegen über soziale Netzwerke (Facebook) im Internet vorgenommen.

### **Feldkontrolle**

Während der laufenden Datenerhebung erfolgte eine Rücklaufkontrolle der Erhebungsbögen.

In einem auf der Moderatorenseite von Easy Feedback hinterlegten Echtzeitprotokoll konnten die Teilnehmerzahlen der akquirierten Anbaugebiete überwacht werden. Das Versenden der Fragebögen über die verschiedenen Organisationen musste wohl dosiert erfolgen. Bei simultanem Versand an alle potentiellen Teilnehmer hätten Fehlerquellen des Fragebogens zwischenzeitlich nicht behoben werden können. Auch wären Personen mit einer Doppelmitgliedschaft in z.B. Weinbauverband und Ökoverband zwei Mal gleichzeitig angeschrieben worden. Effektiver war hierbei eine zeitversetzte zweite Erinnerung solcher Personen, die sich möglicherweise zu diesem späteren Zeitpunkt zur Teilnahme entschieden.

## 5.6 Programm zur Auswertung der Online-Umfrage

SPSS® Statistics 20 (Copyright: IBM Corporation 1989, 2011) ist ein umfassendes System zur Datenanalyse. Mit SPSS® Statistics können Daten aus nahezu allen Dateitypen transferiert werden und aus ihnen Berichte in Tabellenform, Diagramme sowie grafische Darstellungen von Verteilungen und Trends, deskriptive Statistiken und komplexe statistische Analysen erstellt werden. Die Basisversion beinhaltet bereits alle für die vorliegende Umfrage relevanten statistischen Prozeduren wie zum Beispiel das Aufzeigen von Häufigkeiten, Kreuztabellen und deskriptiven Statistiken, den Chi<sup>2</sup> Test und viele weitere Anwendungen. Die Fortgeschrittenenversion (Advanced Statistics) wurde für die Bearbeitung des Fragebogens zwar verwendet, würde aber anhand des großen Methodenspektrums eher in der fortgeschrittenen experimentellen und biomedizinischen Forschung umfassende Anwendung finden (PEPELS, 2008).

## 5.7 Transformation der Excel™ Daten in SPSS®

Bevor das Exportieren der Excelmatrix in ein Datenblatt der SPSS® Statistiksoftware vollzogen wurde, musste ein „Daten Clearing“ erfolgen. Es wurden unvollständige Datensätze ausgesondert, bei denen zu wenige Antworten gegeben wurden (Beispielsweise wenn nach der Bearbeitung der ersten Seite abgebrochen wurde). Mit diesen Teilnehmern hätten sich keine komplexen Zusammenhänge zwischen Pflanzenschutzstrategie und Behandlungserfolg darstellen lassen und sie wurden daher für die statistische Analyse nicht weiter betrachtet.

Die Auswertung der bereinigten Datensätze erfolgte durch die Übertragung der ausgeschriebenen Fragestellungen in maximal 8-stellige Variablenlabels (siehe Anhang Tab. A1 und A2) und der Vercodierung der Antwortmöglichkeiten in Wertelabels (siehe Anhang Tab. A3 bis A5). Wenn bei geschlossenen Fragen die jeweiligen Antwortkategorien vorgegeben waren, war die Codierung einfach vorzunehmen. Jeder Antwort wurde eine Zahl oder ein alphanumerisches Zeichen zugeordnet. Beispielsweise wurde bei der ersten Frage das Anbaugebiet Ahr mit der Ziffer 1, das Anbaugebiet Baden mit der Ziffer 2 codiert.

Dieser Vorgang ginge in einer CSV-Datei automatisch. Sie bietet jedoch keine logische Überprüfung um Mehrfachnennungen auszugrenzen. Wenn ein Proband beispielsweise ankreuzte, dass er beim Pflanzenschutz jede Reihe befährt und er

gleichzeitig die Antwort „jede zweite nach der Blüte“ ausgewählt hatte, wurde manuell die Aussage „jede zweite Reihe nach der Blüte“ übernommen, da sich beide Strategien gegenseitig ausschließen. Bei der Untersuchung des Spritzabstandes wurde bei Mehrfachnennungen der weitere Abstand ausgewählt.

Aus diesen Flexibilität fordernden Gründen wurde die Umcodierung bei Mehrfachantworten und offenen Fragen manuell vorgenommen.

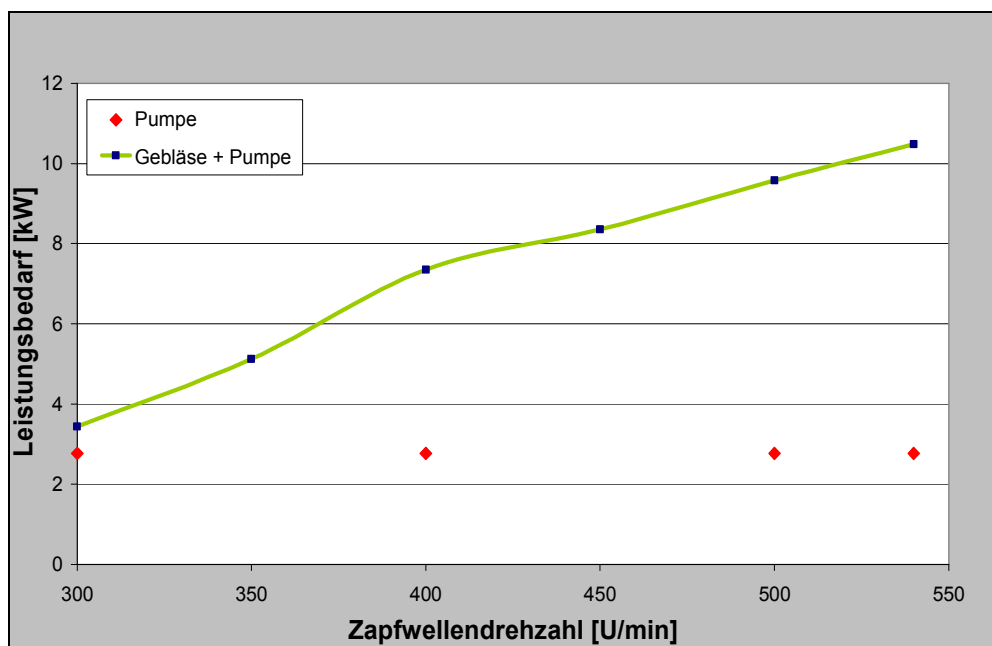
Die Nennung der Zeilenangaben und Laubwandhöhe wurde als offene Frage formuliert. Unter der Beachtung, dass einige Antworten im metrischen Maß voneinander abwichen (m, cm, mm-Angaben), wurden nachträglich Kategorien gebildet, die Maßangaben in Größenklassen (von...bis) unterteilten. (Siehe Anhang Tab. A3). Die manuell transformierten Daten wurden in einer Selbstüberprüfung auf korrekte Eingabe geprüft. Die Daten wurden nochmals von einer zweiten Person eingegeben, um im Folgenden die Spalten nebeneinander zu vergleichen. Abweichungen konnten nur minimal festgestellt werden, was für eine korrekte Datenbasis spricht. Dieses Verfahren findet nach ATTESLANDER (2008) im professionellen Bereich vielfach Anwendung.

## 6 Ergebnisse der Feldversuche

### 6.1 Leistungsbedarf

Abb. 53 zeigt die Leistungskurve des Rinklingebläses bei gestaffelten Drehzahlen der Schlepperzapfwelle von  $300 \text{ min}^{-1}$  bis  $540 \text{ min}^{-1}$ . Der Leistungsbedarf für die Flüssigkeitspumpe ist separat angezeigt, die Leistungskurve beinhaltet die beiden Verbraucher Pumpe und Gebläse. Die zusammengefassten Werte (grüner Graph) zeigen den Leistungsbedarf des Pflanzenschutzgerätes in Arbeitsstellung an.

Die Rinklinvarianten der meisten Untersuchungsmethoden sind nach niedriger, mittlerer und hoher Drehzahl untergliedert. Im Bezug auf den Leistungsbedarf benötigt ein Schlepper bei  $350 \text{ min}^{-1}$  Zapfwelldrehzahl 5,1 kW,  $450 \text{ min}^{-1}$  erfordern 8,3 kW und die im Weinbau am häufigsten verwendete Drehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$  fordert dem Zugfahrzeug 10,5 kW Leistung ab.

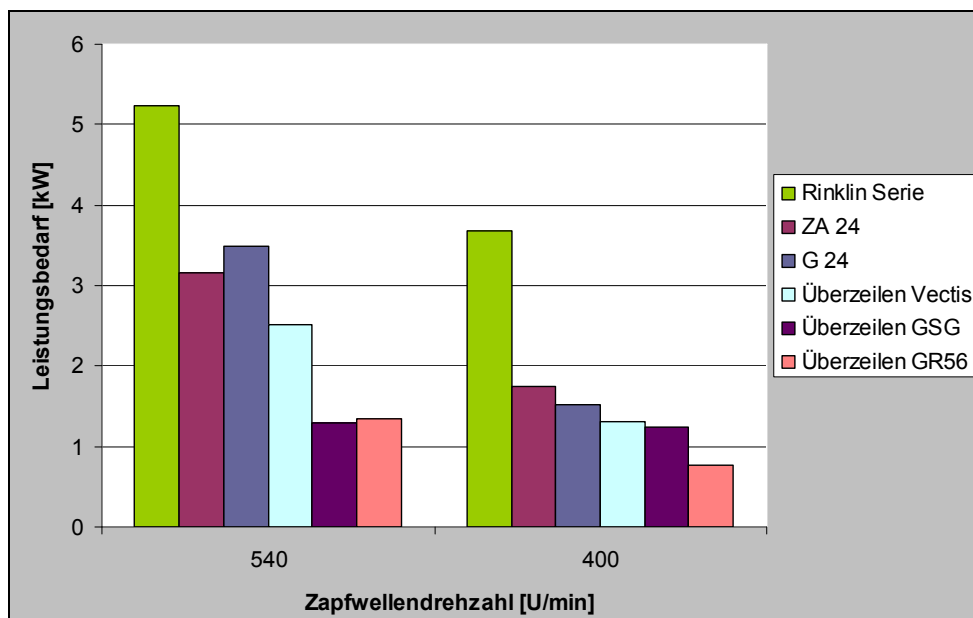


**Abb. 53:** Leistungsbedarfskurve des Rinklin Seriensprühgeräts bei verschiedenen Zapfwelldrehzahlen.

In Abb. 54 werden alle versuchsrelevanten Gebläsebauarten miteinander verglichen. Da je nach Geräteausführung unterschiedlich viele Teilbreiten gleichzeitig behandelt werden, wird der Leistungsbedarf umgerechnet auf eine Teilbreite dargestellt. Der Leistungsbedarf des Zupangebläses, im Folgenden „SMS-Gebläse“ genannt, konnte mit der Messmethode nicht festgestellt werden, da dieses weder

durch eine Gelenkwelle, noch durch einen Ölkreislauf betrieben wird. Der Sprühgeräteantrieb erfolgt bei diesem Gerät über die Welle eines Dieselmotors. Die Geräte mit dem niedrigsten Verbrauch, Pumpe inbegriffen, sind die Überzeilen-gebläse Wanner GR 56 und Lipco GSG. Das Axialgebläse Wanner ZA 24, Tecnomax Vectis und das Geier RMS-Gebläse G24 liegen bei verminderter Drehzahl auf ähnlich niedrigem Niveau. Da das G24 jedoch im Praxiseinsatz mit maximaler Drehzahl betrieben wird, müsste der Wert nach oben korrigiert werden, um realistische Bedingungen darzustellen. Bei einer Drehzahl von  $718 \text{ min}^{-1}$  hat das G24 einen Leistungsbedarf von  $7,6 \text{ kW}$  und liegt somit ca.  $2,5 \text{ kW}$  über dem neuen Rinklin-gebläse, wenn dieses bei  $540 \text{ min}^{-1}$  betrieben wird. Der höchste Leistungsbedarf bei gleicher Drehzahl besteht jedoch beim Rinklin Radialgebläse. Das GR 56 stellt als überzeiliges Radialgerät energetisch eine positive Ausnahme im Radialsektor dar.

Auffällig ist bei den Geräten ZA 24, G 24, Vectis und GR 56, eine Halbierung des Leistungsbedarfs ( $\pm 0,2 \text{ kW}$ ) bei einer Verringerung der Drehzahl um  $140 \text{ min}^{-1}$ . Rinklin reduziert in diesem Bereich den Leistungsbedarf um ein Drittel und beim Recyclinggerät GSG ist eine leichte Leistungsreduzierung von  $0,2 \text{ kW}$  zu verzeichnen.



**Abb. 54:** Leistungsbedarf aller getesteten Sprühgebläse je Geräteteilbreite bei Zapfwelldrehzahlen von  $540 \text{ min}^{-1}$  und  $400 \text{ min}^{-1}$ .

## 6.2 Luftstromgeometrie

Gebläseluftprofile bestehen aus der Darstellung der Windgeschwindigkeit  $v_L$  (im Fließtext als „WG“ bezeichnet) als Liniendiagramm und des Luftvolumens  $V_L$  als Balkendiagramm. Das höhenbezogene Luftvolumen errechnet sich aus der mittleren Windgeschwindigkeit (WG) und der durchströmten Messfläche wie folgt:

$$V_L = \overline{v_L} [\text{m s}^{-1}] * h_T [\text{m}] * L [\text{m}]$$

$\overline{v_L}$	=	über die gesamte Messfläche gemittelte Windgeschwindigkeit
$h_T$	=	die Höhenausdehnung des Teilbereichs
$L$	=	die Länge der vom Messfühler überfahrenen Messstrecke (in der Regel 0,8 m)

Höhenbezogene Luftvolumina für Messhöhen von 0,5 m bis 2,2 m sind in den Luftprofilen als grüne Balken dargestellt, rote Balken markieren ein Abdrift förderndes Luftaufkommen außerhalb des Zielobjektes. Alle Luftprofile dieser Arbeit liegen in gleicher Achsenskalierung vor. Wird zur verkleinerten Darstellungsweise gegriffen, was einer Lesbarkeit der Achsenbeschriftung entgegenwirkt, dient diese Maßnahme der horizontalen Vergleichbarkeit mehrerer Profile untereinander, die sich stets im gleichen Maßstab zueinander befinden.

### Entwicklungsstufen des Rinklin Sprühgebläses

Der Entwicklungsprozess des Rinklingerätes wurde anhand von Luftstromprofilen wissenschaftlich begleitet. Die erste Rinklin Gebläsevariante bestand aus drei Luftaustrittsöffnungen je Teilbreite. Wie in Abb. 55 zu erkennen, deckten die drei Luftfächer nicht zufriedenstellend die gesamte Zielfläche ab. Zwischen den Fächern entstanden „Luftlöcher“ auf den Höhen 0,7 m und 1,0 m - 1,2 m. Ab 1,6 m Höhe fiel die WG auf unzureichende  $6 \text{ m s}^{-1}$  zurück. Die 3-Fächervariante mit quer sitzendem Niederdruckläufer entsprach also nicht der optimalen Gebläsebauform.

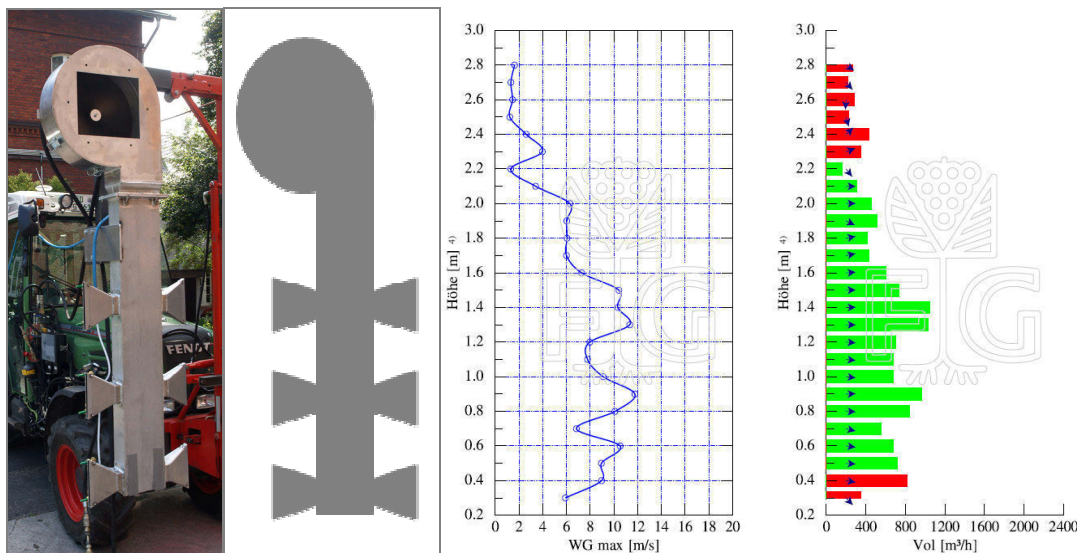
Der Läufer der zweiten Gebläsebauart war weiterhin quer zur Fahrtrichtung positioniert, eignete sich aber ebenfalls zum Umbau parallel zur Fahrtrichtung (Abb. 56). Die Luft trat aus vier Fächern aus und die Außenkante der äußeren Fächer war horizontal verschweißt. Das Gerät zeigte ein gleichmäßiges Luftstromprofil, das in der Verteilung dem Tangentialgebälde ähnlich war. Ein etwas zu früher Abbruch der WG in der Gipfelzone war durch die abgeflachte Oberkante des läufernahen Fächers

bedingt. Die WG lag im Durchschnitt bei  $7,1 \text{ m s}^{-1}$ . Diese Geschwindigkeit unterschritt die angestrebten  $10 \text{ m s}^{-1}$  deutlich.

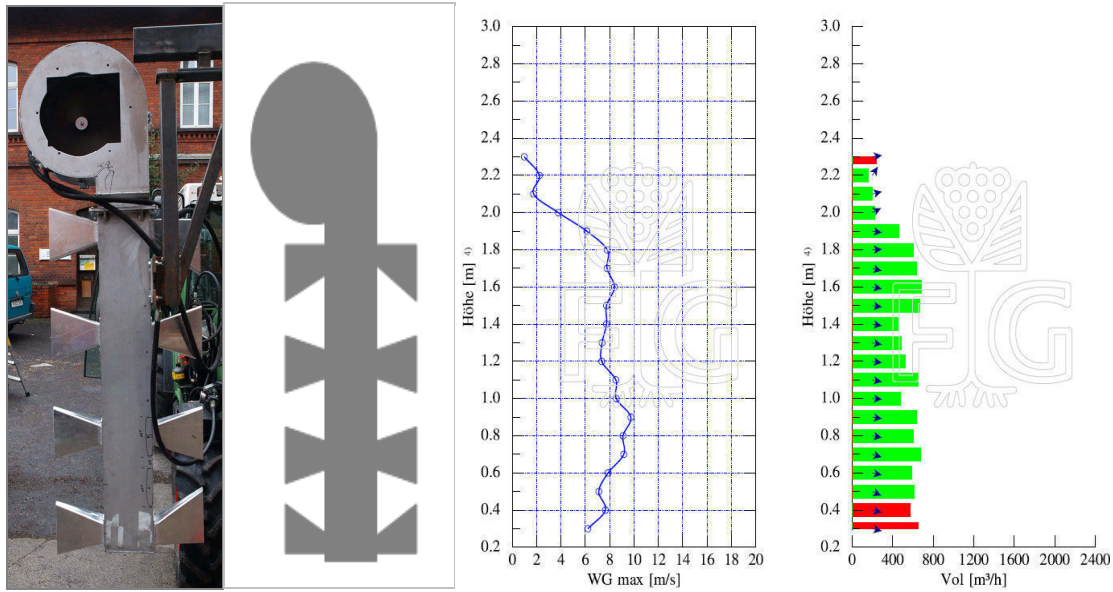
Die trapezförmige Weitung des Verbindungskanals zwischen Läufer und Luftleit- schacht (Läuferflansch) bei Typ 3 erzeugte einen leichten Diffusoreffekt, was zu einer höheren durchschnittlichen WG beitrug (Abb. 57). Durchgängig V-förmige Luft- austrittsöffnungen verhinderten den frühzeitigen Luftabriss in der Gipfelzone gegenüber Typ 2. Negativ war ein starker Rückgang der WG bei 1,4 m bis 1,8 m, was von einer mangelnden Luftbeschickung des zweiten Fächers von oben resultiert haben könnte.

Der Einbau eines Hochdruckläufers und die veränderte konische Bauform des Luftleit- schachtes (Abb. 58) verursachten eine relativ homogene Luftstromgeometrie mit ausreichenden Windgeschwindigkeiten mit Maxima in der Traubenzone und einer verminderten WG im oberen und unteren Grenzbereich der Zielfläche.

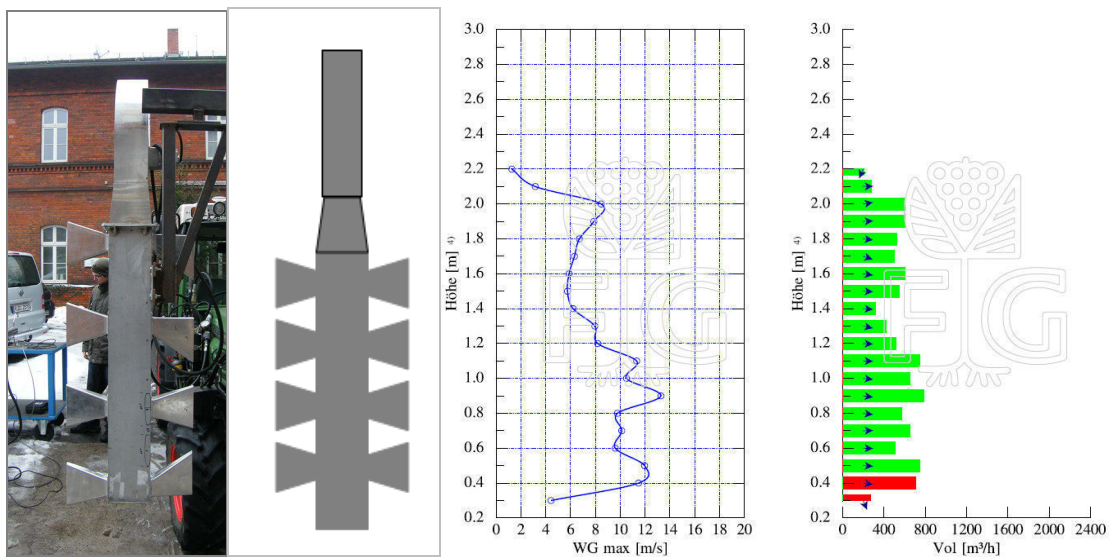
Ebenfalls förderlich für die exaktere Luftverteilung waren zusätzlich eingeschweißte Luftleitbleche in den Austrittsfächern. Der Hochdruckläufer erschloss den Vorteil einer verringerten Öldurchflussmenge bei verbessertem Luftstromprofil. Das Typ 4- Gebläse wurde wie alle vorherigen Bauformen von der Schlepperhydraulik betrieben.



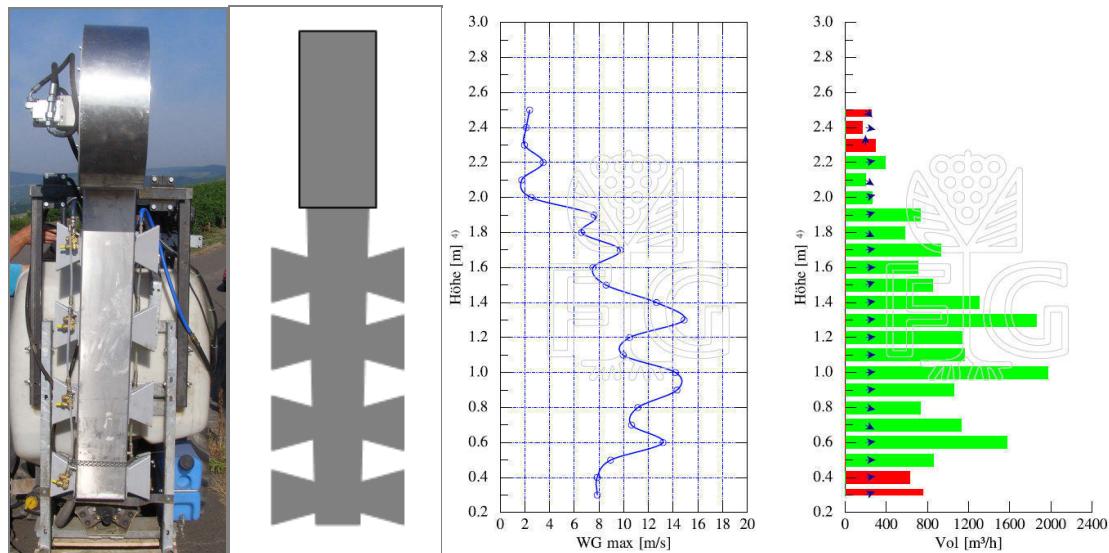
**Abb. 55:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 1“ (2009) mit drei Fächern bei einer Gebläsedrehzahl von  $3518 \text{ min}^{-1}$  und einer Öldurchflussmenge von  $30 \text{ L min}^{-1}$ .



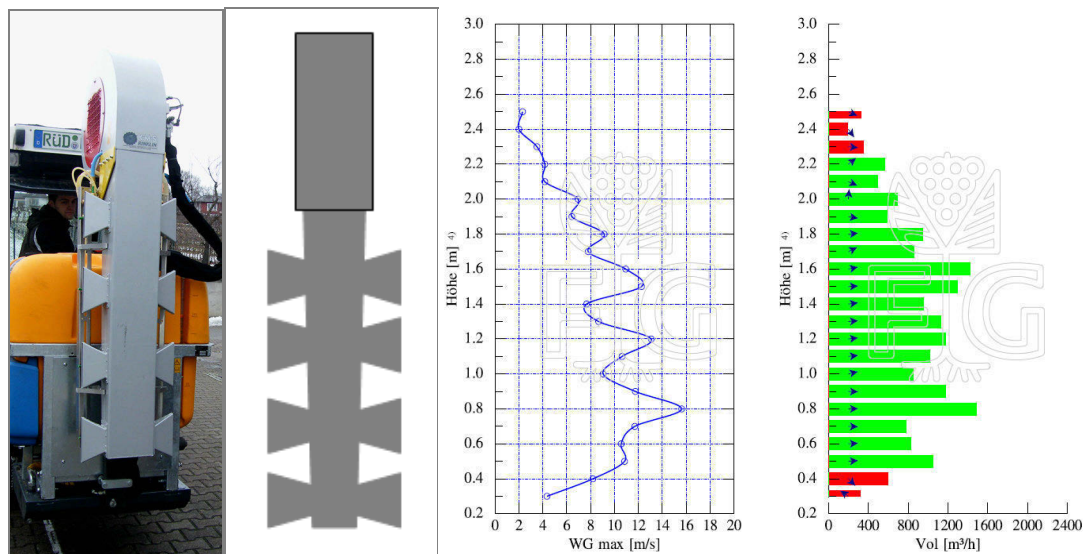
**Abb. 56:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 2“ (2010) mit vier Fächern und geraden Abschlussfächern bei einer Gebläsedrehzahl von  $3400 \text{ min}^{-1}$  und einer Öldurchflussmenge von  $32 \text{ L min}^{-1}$ .



**Abb. 57:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 3“ (2010) mit großem Gehäuse bei einer Gebläsedrehzahl von  $3440 \text{ min}^{-1}$  und einer Öldurchflussmenge von  $31 \text{ L min}^{-1}$ .



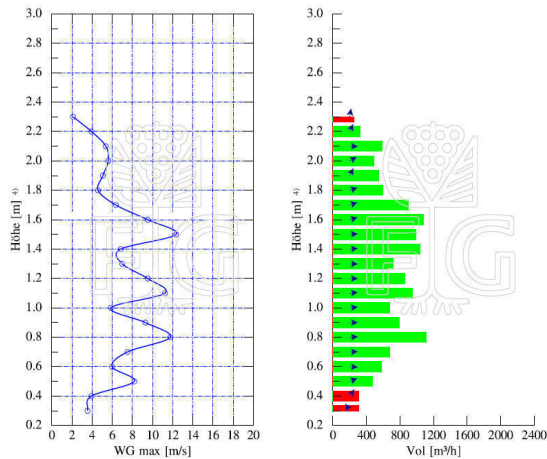
**Abb. 58:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Typ 4“ (2010) mit Hochdruckradiator und konischem Luftleitschacht bei einer Gebläsedrehzahl von  $2800 \text{ min}^{-1}$  und einer Öldurchflussmenge von  $24 \text{ L min}^{-1}$ .



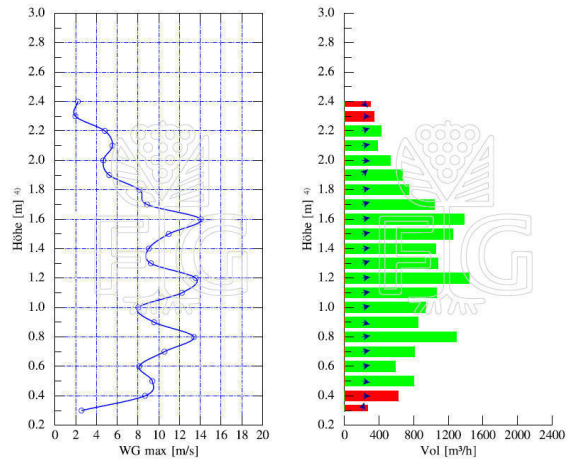
**Abb. 59:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ (2011) mit Hochdruckradiator und konischem Luftleitschacht bei einer Gebläsedrehzahl von  $2840 \text{ min}^{-1}$  und einer Zapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$ .

In der endgültigen Gebläseversion („Rinklin Serie“) war mit technischer Feinjustierung eine Begradigung der Peaks beim Luftvolumen im Vergleich zum letzten Prototyp gelungen (Abb. 59). Die Steuerung der Gebläsedrehzahl erfolgt beim Seriengerät über die Zapfwelle. Eine Schlepperzapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$  entspricht einer Öldurchflussmenge von  $24 \text{ L min}^{-1}$  bei Typ 4 mit Hochdruckläufer.

Wird das Sprühgerät mit verminderten Zapfwelldrehzahlen betrieben, entwickeln sich die in Kap. 6.1 beschriebenen energetischen Vorteile. Die vertikale Schmälerung des Luftvolumens bei der geringsten Drehzahl von  $350 \text{ min}^{-1}$  ist Abb. 60 zu entnehmen. Das durchschnittliche nutzbare Luftvolumen je Messhöhe betrug hier  $13.397 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Bei  $450 \text{ min}^{-1}$  (Abb. 61) steigerte sich der Wert auf  $16.310 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  und die Distanz zu  $540 \text{ min}^{-1}$  war mit  $17.328 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  nicht mehr so stark ausgeprägt wie von der niedrigsten zur mittleren Zapfwelldrehzahl.



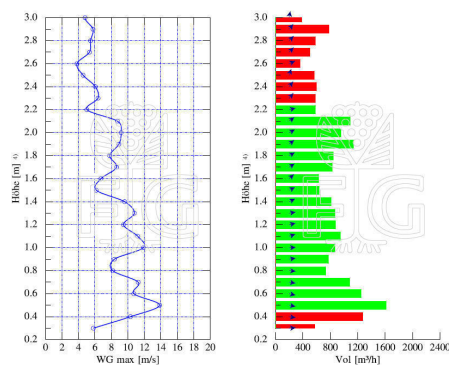
**Abb. 60:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ mit einer Zapfwelldrehzahl von  $350 \text{ min}^{-1}$



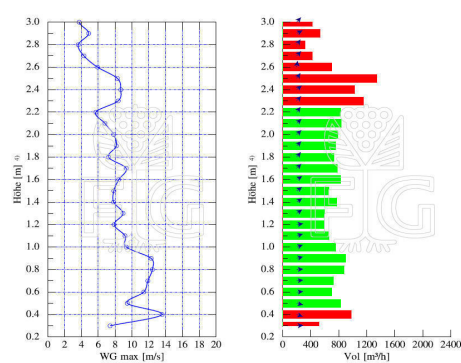
**Abb. 61:** Vertikale Verteilung des Luftstroms, der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Rinklin „Serie“ mit einer Zapfwelldrehzahl von  $450 \text{ min}^{-1}$

## Luftstromprofile der Gebläse für den Steilhang

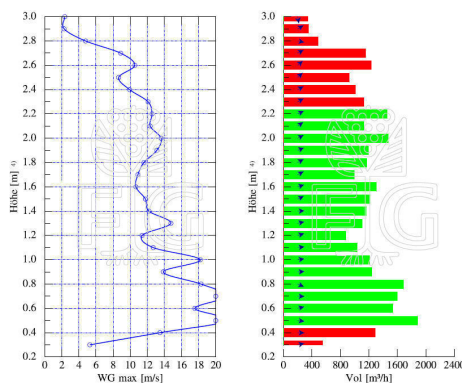
Abb. 62 und 63 zeigen die Luftstromcharakteristik des SMS-Gebläses als separate Aufzeichnung der linken und rechten Gebläseseite. Anhand der deutlichen Peaks „links unten“ und „rechts oben“ lässt sich der typische Dralleffekt eines Axialgebläses, bedingt durch die Rotordrehrichtung, erkennen. Eine hohe WG von  $4\text{--}9\text{ m s}^{-1}$  außerhalb der Zielfläche und dadurch resultierende hohe Luftvolumina ohne Nutzen für die Zielfläche lassen für dieses Gebläse ein hohes Abdriftpotential vermuten.



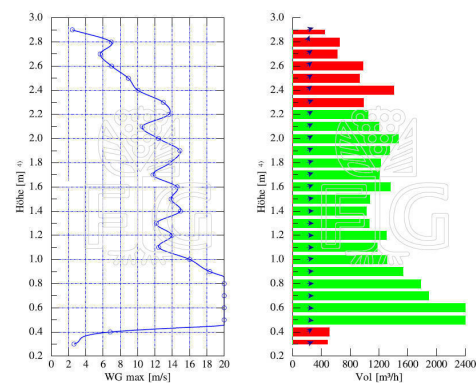
**Abb. 62:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) beim SMS-Gebläse mit maximaler Zapfwelldrehzahl.



**Abb. 63:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) beim SMS-Gebläse mit maximaler Zapfwelldrehzahl.



**Abb. 64:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Geier G24 mit einer Zapfwelldrehzahl von  $640\text{ min}^{-1}$ .

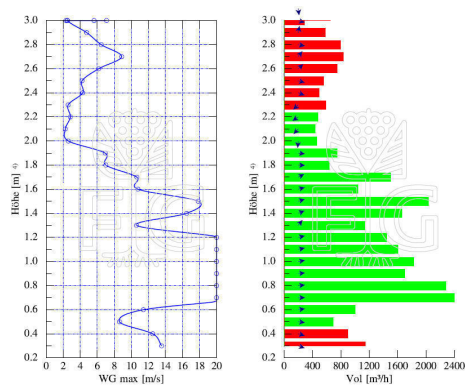


**Abb. 65:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Geier G24 mit einer Zapfwelldrehzahl von  $640\text{ min}^{-1}$ .

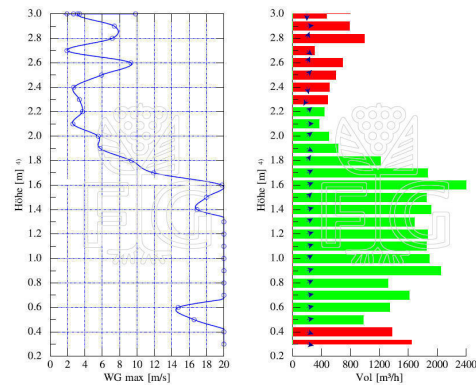
Die beidseitigen Luftstromprofile des Geier Axialgebläses G24 zeigen das Gerät in praxisüblicher Einstellung bei einer Drehzahl von  $640\text{ min}^{-1}$  (Abb. 64 und 65).

Es ist eine deutliche Tendenz des hohen vertikalen Abdriftrisikos zu erkennen, da in den rot markierten Bereichen der Gipfelzone noch Windgeschwindigkeiten von  $8\text{--}10\text{ m s}^{-1}$  gemessen wurden. Die ungünstige hohe WG im Abdrift gefährdeten Bereich wird nochmals durch die nach oben gerichtete Windbewegung ab einer Höhe von 1,6 m verstärkt, was an den tendenziell nach oben gerichteten blauen Windrichtungspfeilen zu erkennen ist.

In der unteren Laubwandhälfte werden maximale Windgeschwindigkeiten von  $31,3\text{ m s}^{-1}$  erreicht, was die festgelegte Matrix von  $20\text{ m s}^{-1}$  deutlich überschreitet. Die empfohlenen WG-Richtwerte werden in diesem Bereich mehr als verdoppelt. Schon auf einer Höhe von 0,5 m herrschen diese Maxima vor, dort ist jedoch nicht die notwendige Laubwanddichte vorhanden, um diese Luftmengen annähernd zu filtern, da in dieser Höhe das Blattwerk erst beginnt.



**Abb. 66:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (linke Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Nico TS 9/90 mit einer Zapfwellendrehzahl von  $540\text{ min}^{-1}$ .



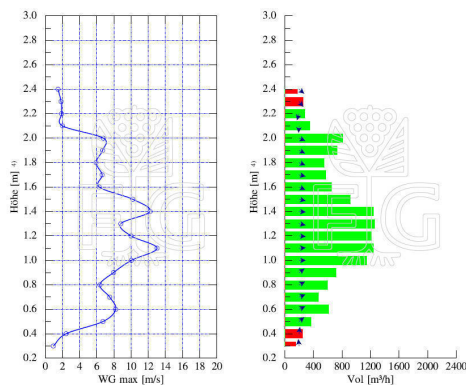
**Abb. 67:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Nico TS 9/90 mit einer Zapfwellendrehzahl von  $540\text{ min}^{-1}$ .

Auch das zweite bewertete Raupenfahrzeug TS 9/90 (Hersteller Niko) verdeutlicht den Effekt eines axial erzeugten Luftstromes. Im Bereich „links unten“, in 0,7 m bis 0,8 m Höhe, ist ein deutlicher Peak mit hohem Luftvolumen zu erkennen (Abb. 66). Dagegen richtet sich der Fokus der rechten Seite (Abb. 67) eher in den oberen Bereich der Laubwand in einer Höhe von 1,6 m.

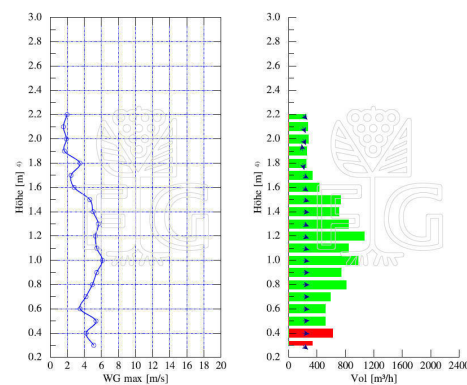
Des Weiteren zeichnet sich eine starke Lufterzeugung im unteren zielflächenexternen Bereich ab. Ein Luftvolumen von  $1.600\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$  in der Höhenposition „0,3 m“ birgt die Gefahr einer starken Bodenkontamination mit Pflanzenschutzmitteln durch diese Gebläsebauart.

## Luftstromgeometrie der Überzeilengebläse

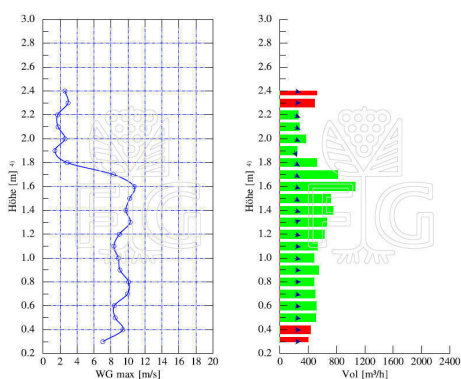
Bei der Interpretation der Luftprofile der alternativen Überzeilengeräte liegt der Fokus auf der Betrachtung der Außenteilbreiten. Das GR 56 arbeitet, anders als das Rinklingebälse, mit Luftverteilungsschläuchen zur Beschickung der Außenteilbreiten. Dies ruft, wie in Abb. 68 und 69 zu erkennen, einen Verlust von WG und Luftvolumen im Vergleich zur Innenteilbreite („innen“) hervor. Die WG beträgt „innen“ durchschnittlich  $7,6 \text{ m s}^{-1}$  und „außen“  $4 \text{ m s}^{-1}$ . Analog liegt „innen“ ein Luftvolumen von  $13.716 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  und „außen“ von  $10.423 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  vor. Im Grunde weist GR 56 ein sehr homogenes Luftstromprofil mit einer Fokussierung der Traubenzone auf. Dieser Effekt ist typisch für ein Radialgerät mit beweglichen Fächern als Luftaustrittsöffnungen, da die oberen und unteren Fächer stets im Neigungswinkel in der Tendenz Richtung Traubenzone ausgerichtet werden.



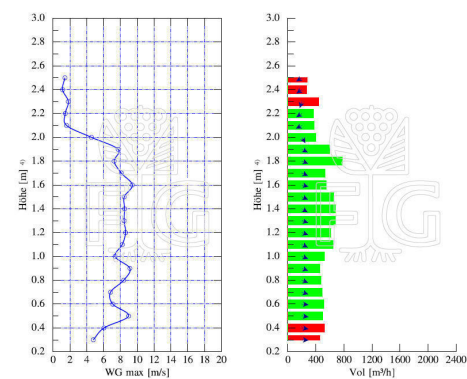
**Abb. 68:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (Innenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Wanner GR 56 mit einer Zapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$ .



**Abb. 69:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (Außenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Wanner GR 56 mit einer Zapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$ .



**Abb. 70:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (Innenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Tecnomia Vectis mit einer Zapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$ .

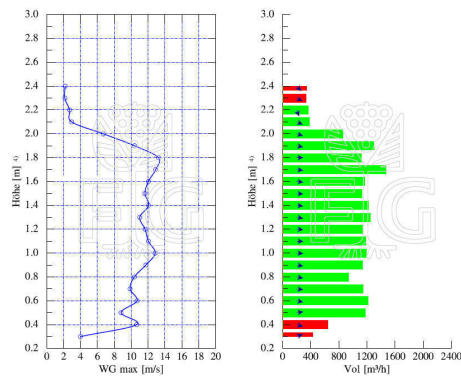


**Abb. 71:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (Außenteilbreite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Tecnomia Vectis mit einer Zapfwelldrehzahl von  $540 \text{ min}^{-1}$ .

Das Leichtbaugerät Vectis wurde in mehreren Teilschritten durch Umformung der Gebläseluftaustrittsöffnungen und die Überarbeitung des Schlauchsystems für die Luftzuführung der Außenteilbreiten in der Luftstromgeometrie verbessert.

Abb. 70 und 71 zeigen die Luftstromprofile der Bauart mit der höchsten Luftmengen-erzeugung, die für weitere Versuche Verwendung fand. Auf die Darstellungen der Ergebnisse der verschiedenen Entwicklungsstadien dieses Gebläsetyps wird verzichtet. Eine durchschnittliche WG von  $7,3 \text{ m s}^{-1}$  ist nach den allgemeinen Maßstäben als zu gering einzustufen. Dass zwischen „innen“ und „außen“ kaum Unterschiede bestehen, könnte einen Vorteil gegenüber GR 56 bedeuten. Die Erzeugung eines nutzbaren Luftvolumens von ca.  $9.800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  erfolgt auf allen Teilbreiten des Gerätes.

Das homogenste Luftstromprofil mit einer klaren Zielflächenbegrenzung weist das Lipco GSG-Gebläse in Abb. 72 auf. Als Vertreter der Kategorie „dezentrale Luft-erzeugung“ gibt es keine Unterscheidung zwischen inneren und äußeren Teilbreiten. Dieses Gerät kommt am ehesten der Forderung nach einer gleichmäßigen Rechteck-verteilung über die gesamte Laubfläche entgegen.



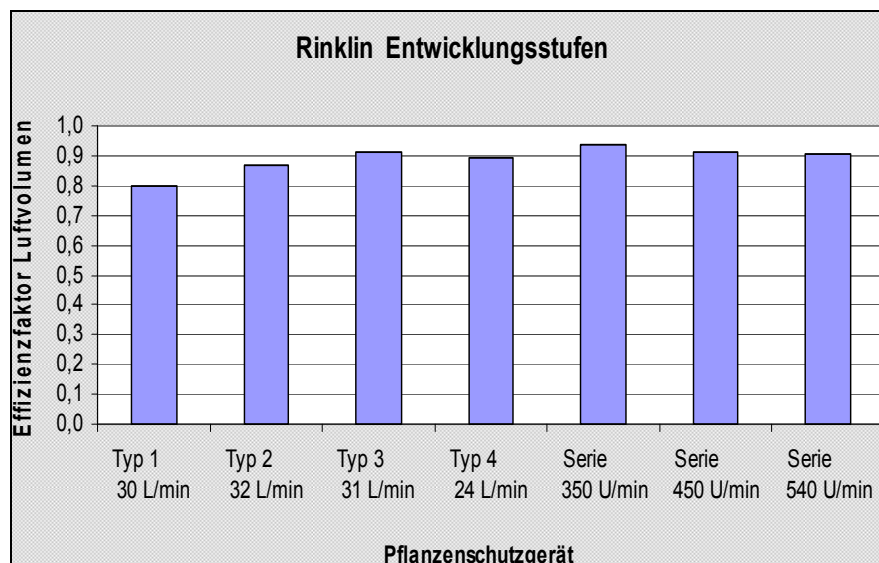
**Abb. 72:** Vertikale Verteilung des Luftstroms (rechte Gebläseseite), der Windgeschwindigkeit (WG) und des Luftvolumens (Vol) bei Lipco GSG mit einer Öldurchflussmenge von  $20 \text{ L min}^{-1}$

## Effizienzfaktor des Luftvolumens

Als Kenngröße des nutzbaren Luftvolumens bietet sich der teilflächenspezifische Effizienzfaktor an.

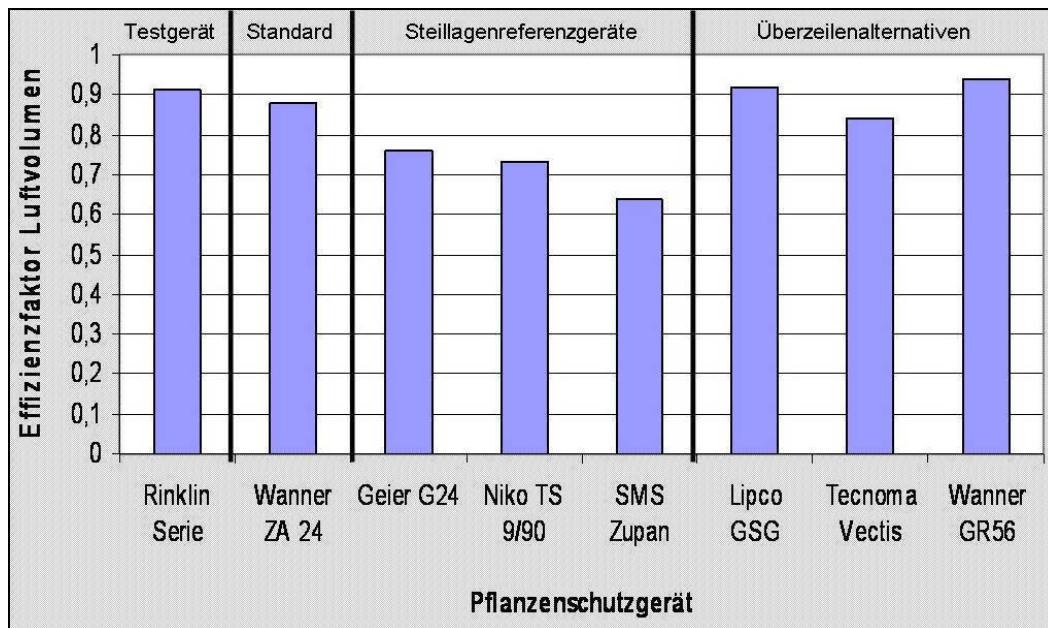
In Abb. 73 erfolgt die gesonderte Betrachtung des Rinklingerätes bei unterschiedlichen Drehzahlen und Entwicklungsstufen.

Im Verlauf der technischen Entwicklung ist eine stetige Effizienzsteigerung zu erkennen. Die Drehzahleinstellung  $350 \text{ min}^{-1}$  verteilt die ausgebrachte Luft im definierten Höhenbereich der Zielfläche am besten.



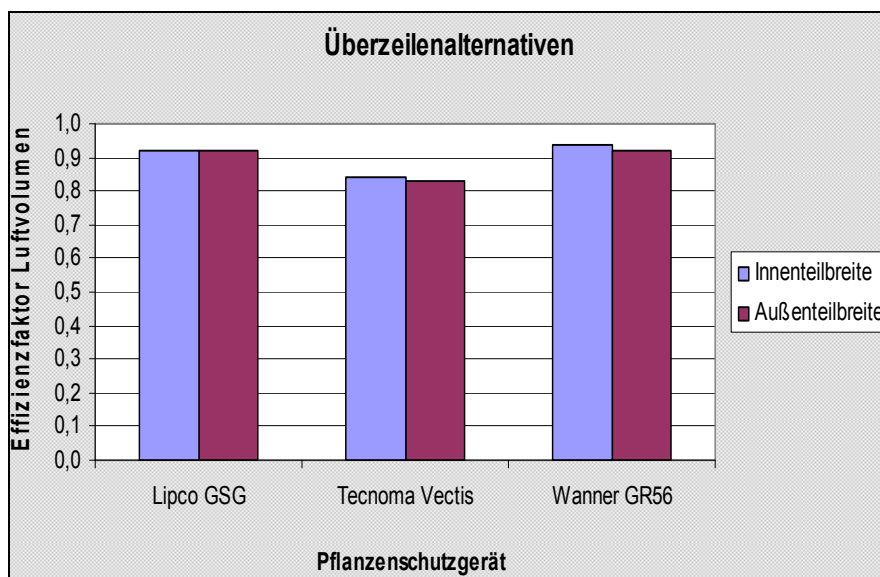
**Abb. 73:** Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens der Entwicklungsstufen der Rinklin-Sprühgeräte bei unterschiedlichen Öldurchflussmengen der Prototypen (in  $\text{L min}^{-1}$ ) bzw. steigenden Zapfwelldrehzahlen ( $n = \text{min}^{-1}$ ) der Rinklin Serienversion.

Anhand der Gesamtübersicht in Abb. 74 verteilen Rinklin, ZA 24, GR 56 und GSG das Luftvolumen annähernd gleich effizient mit Faktorwerten um 0,9. Vectis fällt bei den Überzeilengeräten in der Gesamtbetrachtung geringfügig ab. Typische Steillagergeräte sind in dieser Hinsicht am ungünstigsten zu beurteilen. Besonders das SMS-Gerät weist einen relativ niedrigen Faktorwert von 0,62 auf. Das ungünstige Verhältnis zwischen ausgebrachter und nutzbarer Luft bei Steillagergeräten unterstützt die Vermutung eines hohen Luftaustrags.



**Abb. 74:** Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens aller getesteten Pflanzenschutzgeräte

Die Überzeilenalternativen zeigen in Abb. 75 keinen deutlichen Unterschied in der Effizienz bei der gesonderten Betrachtung der Innen- und Außenteilbreite. Und dies, obwohl es durch die zentrale Lufterzeugung von Tecnomat und GR 56 zu einem veränderten Luftströmungsverhalten kommt.



**Abb. 75:** Teilbreitenspezifischer Effizienzfaktor des Luftvolumens der untersuchten Überzeilensprühgeräte bei getrennter Betrachtung der Innen- und Außenteilbreiten.

**Zusammenfassung Kap. 6.2.**

- Die Entwicklungsstufen des Rinklingebläses waren in ihrer Luftstromführung nicht ausgereift und bedürfen daher keiner weiteren Untersuchung.
- Erst die Serienbauweise erzeugt ein gleichmäßiges Luftstromprofil.
- Von den drei gewählten Drehzahleinstellungen gleichen sich die mittlere und die höchste in ihrer Luftstromcharakteristik. Die niedrigste Drehzahl bildet hingegen deutlich weniger nutzbares Luftvolumen aus.
- Die Steillagenvergleichsgeräte produzieren hohe Windgeschwindigkeiten außerhalb der Zielfläche. Damit steigt die Abdriftgefahr.
- Das Tangentialgebläse (Recycling) bildet das homogenste Luftstromprofil aus. Andere Überzeilenradialgeräte verteilen die Luft zwar insgesamt einheitlich in der Vertikalen, es entstehen jedoch mögliche Belagsdefizite durch insgesamt geringe Windgeschwindigkeiten.
- Rinklin appliziert über 90 % des Luftvolumens auf die Zielfläche.
- Das Verhältnis von ausgebrachter zu nutzbarer Luft ist bei den Steillagengebläsen am ungünstigsten. Ein Teil des Trägerluftstroms umströmt die Zielfläche und es entsteht eine Gefährdung von Nichtzielorganismen durch PSM.

### 6.3 Tropfengröße

Als charakteristisches Merkmal zur Bewertung der in den Versuchen genutzten Düsenkaliber AVI 80 02 und AVI 80 015 wurde die Tropfengröße bei unterschiedlichen Arbeitsdrücken gemessen. Bei diesem Düsentyp handelt es sich um eine Injektordüse, die in Raumkulturen als abdriftmindernd anerkannt ist. Eine Übersicht der Ergebnisse in Druckstufen von 2 bar bis 15 bar geben Abb. 76 und 77. Bei praxisüblichen Drücken von 8 bar bis 10 bar unterliegen die Kennlinien keinen markanten Schwankungen und sind lediglich geringfügig abfallend.

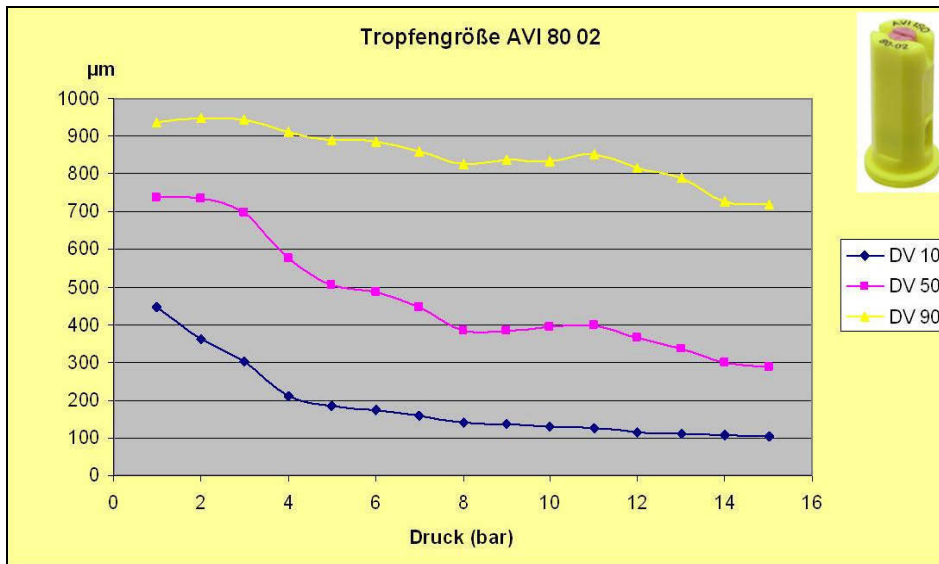
Die wichtigsten Kennwerte zur Düsencharakterisierung, nämlich der DV 10, der DV 50 und der DV 90, sind separat in Abb. 78 bei 8,5 bar dargestellt. Mit diesem Arbeitsdruck wurden alle Sprühgeräte in den folgenden Kapiteln getestet. Bei den Versuchsvarianten im Minimalschnitt (Kap 6.5.2) wurde der Druck auf 10 bar erhöht. Es kann aber festgestellt werden, dass diese Vorgehensweise zwar eine Auswirkung auf die ausgebrachte Flüssigkeitsmenge je Hektar hat, jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Tropfenbildung ausübt (vgl. Abb. 76 und 77).

Der Kennwert DV 10 sagt in Abb. 78 für AVI 80 015 aus, dass 10 % des ausgebrachten Flüssigkeitsvolumens knapp unter 100  $\mu\text{m}$  liegt. Bei der AVI 80 02 liegt er knapp über 100  $\mu\text{m}$ . Der DV 50 (auch MVD) besagt, dass 50 % des Volumens bei AVI 80 015 unter 200  $\mu\text{m}$ , bei AVI 80 02 unter 400  $\mu\text{m}$  liegen. Unter DV 90 ist zu verstehen, dass 10 % des Volumens bei der AVI 80 015 eine Größe über 500  $\mu\text{m}$  erreichen, bei AVI 80 02 liegt der DV 90 bei ca. 800  $\mu\text{m}$ . Die AVI 80 02 produziert somit ein Spektrum mit verhältnismäßig großen Tropfendurchmessern.

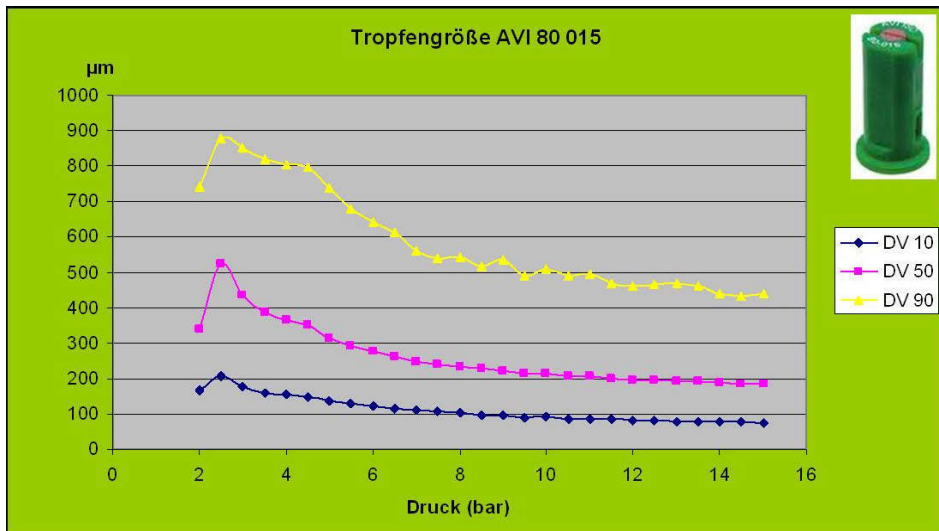
Das Abdriftpotential der verwendeten Düsen ist als sehr gering einzustufen, da der DV 10 bei beiden Kalibern auf einem, im Vergleich zu Standarddüsen, sehr hohen Niveau liegt. Die Düsen erfüllen diesbezüglich die von BÄCKER und KOCH (2009) gestellten Bedingungen (vgl. Kap. 2.3.4).

#### **Zusammenfassung Kap. 6.3**

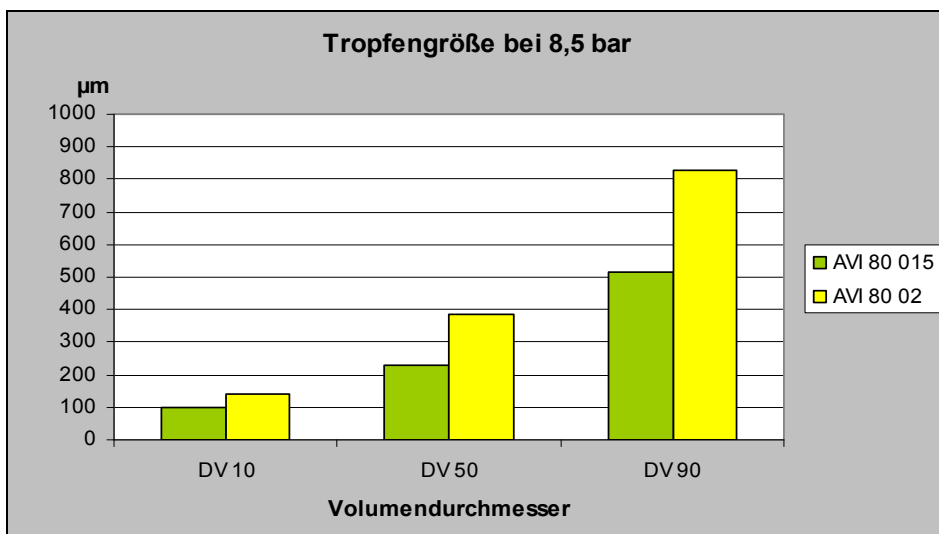
- Die Injektordüsen des Typs AVI 80 015 und AVI 80 02 eignen sich für die durchgeführten Experimente, da bei beiden Kalibern die Abdriftminderung durch ausreichend große Tropfenausbildung gleichermaßen gegeben ist.



**Abb. 76:** Tropfenspektrum der Injektordüse Albus AVI 80 02 bei unterschiedlichen Druckstufen.



**Abb. 77:** Tropfenspektrum der Injektordüse Albus AVI 80 015 bei unterschiedlichen Druckstufen.

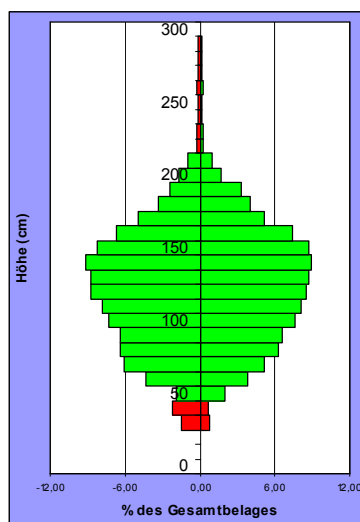


**Abb. 78:** Düsenkennwerte von Albus AVI 80 015 und AVI 80 02 bei einem Arbeitsdruck von 8,5 bar.

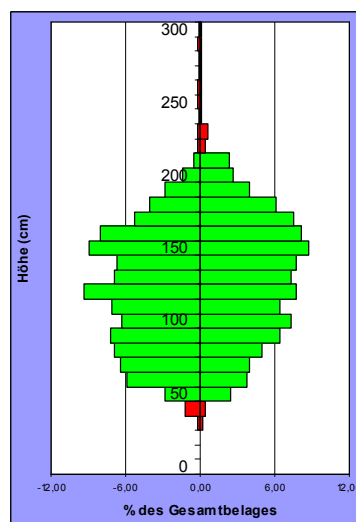
## 6.4 Vertikalverteilung im Stand und während der Fahrt

Die Vertikalverteilung (VV) aller geprüften Gebläse werden in jeweils zwei Graphen bei stehendem Sprüherät auf dem Messstand (hellblaue Abbildungen) und beim Sprühen während der Fahrt mit einer Fahrgeschwindigkeit von  $6 \text{ km h}^{-1}$  (dunkelblaue Abbildungen) dargestellt. Eine Gegenüberstellung der Methoden ist so möglich.

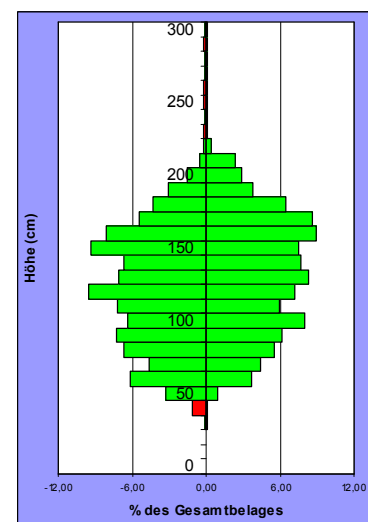
Die Rinklinwerte resultieren aus einer Geräteeinstellung mit Düsen des Typs AVI 80 015 bei 8,5 bar. Im Stand zeichnete sich das Profil der niedrigsten Drehzahl (Abb. 79) durch die Fokussierung der Traubenzone aus. Mit steigender Drehzahl (Abb. 80 und 81) war der Bereich „rechts unten“ etwas geschmälert, bei sonst sehr konstanter Verteilung. Zwischen mittlerer und hoher Drehzahl traten kaum Unterschiede auf.



**Abb. 79:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
stehendem Rinklingebläse.  
Zapfwelldrehzahl:  $350 \text{ min}^{-1}$ .

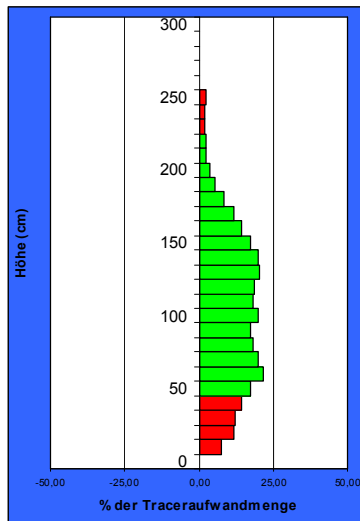


**Abb. 80:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
stehendem Rinklingebläse.  
Zapfwelldrehzahl:  $450 \text{ min}^{-1}$ .

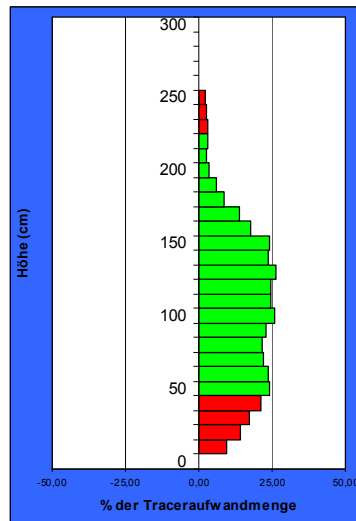


**Abb. 81:**  
Flüssigkeitsverteilung  
bei stehendem Rinklingebläse.  
Zapfwelldrehzahl:  $540 \text{ min}^{-1}$ .

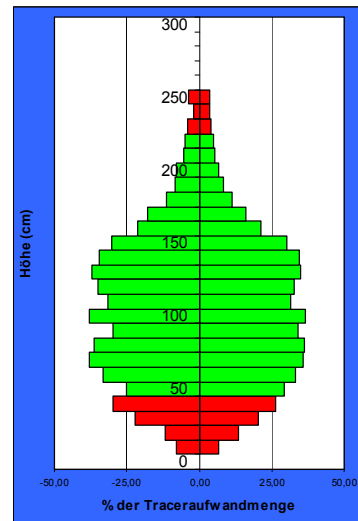
Während der Fahrt (Abb. 82 bis 84) war eine konstante Flüssigkeitszunahme bei steigender Drehzahl gegeben. Verglichen mit der unbewegten Flüssigkeitsausbringung ist eine homogenere Höhenverteilung über die Zielfläche bei allen Einstellungen während der Fahrt festzustellen.



**Abb. 82:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem Rinklingebläse.  
Zapfwendrehzahl: 350 min<sup>-1</sup>.

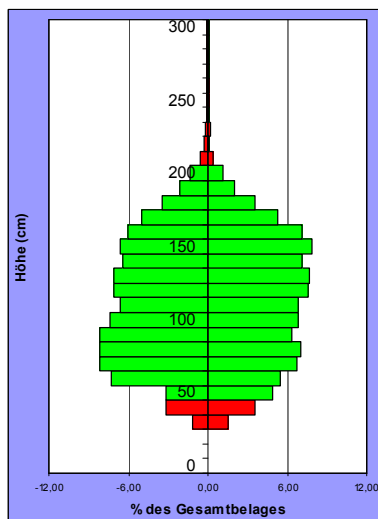


**Abb. 83:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem Rinklingebläse.  
Zapfwendrehzahl: 450 min<sup>-1</sup>.

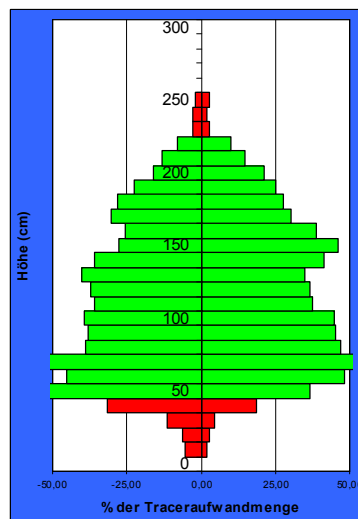


**Abb. 84:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem Rinklingebläse.  
Zapfwendrehzahl: 540 min<sup>-1</sup>.

Beim ZA 24 trat mit sechs Düsen des Kalibers AVI 80 02 und 10 bar im Stand eine sehr konstante Verteilung auf (Abb. 85). Während der Fahrt (Abb. 86) wurde das Flüssigkeitsspektrum insgesamt breiter und die Fahrgeschwindigkeit fördert den Dralleffekt von „links unten“ und „rechts oben“ mit zwei deutlichen Peaks bei 0,5-0,7 m und 1,4-1,6 m. Im unteren Grenzbereich könnte dies zur Bodenkontamination führen.



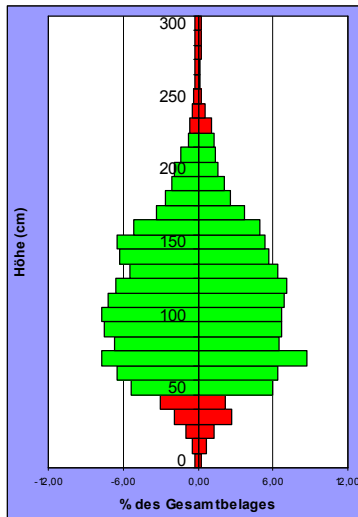
**Abb. 85:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
stehendem ZA24-Gebläse.  
Zapfwendrehzahl: 540 min<sup>-1</sup>.



**Abb. 86:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem ZA24-Gebläse.  
Zapfwendrehzahl: 540 min<sup>-1</sup>.

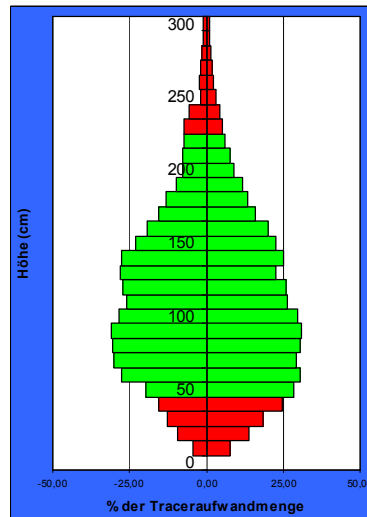
Das SMS-Gebläse deckte mit AVI 80 02-Düsen,  $n_{\max}$  und 10 bar das komplette Höhenspektrum des Messbereichs ab. Während der Fahrt verstärkte sich die Flüssigkeitsverteilung in die abdriftgefährdeten Bereiche (vgl. Abb. 87 und 88).

Auf der Zielfläche verteilte sich die Flüssigkeit zwar gleichmäßig, jedoch verlagerte sich zu viel Wirkstoff in den laubwandexternen Bereich.



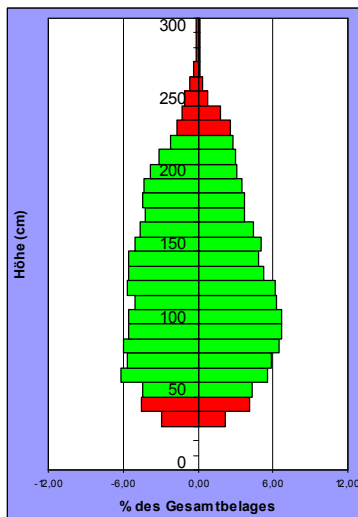
**Abb. 87:**

Flüssigkeitsverteilung bei stehendem SMS-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.



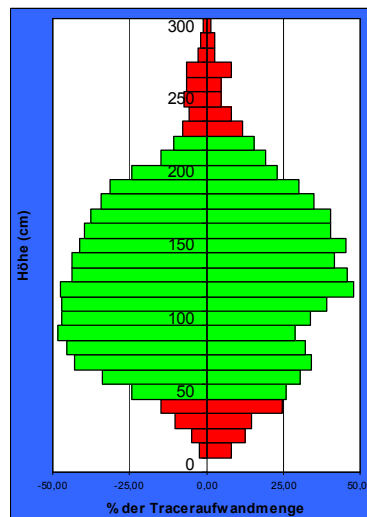
**Abb. 88:**

Flüssigkeitsverteilung bei fahrendem SMS-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.



**Abb. 89:**

Flüssigkeitsverteilung bei stehendem G24-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.

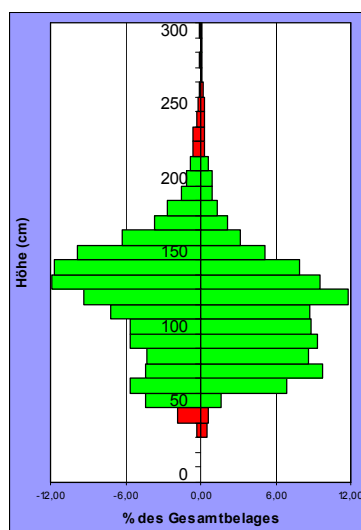


**Abb. 90:**

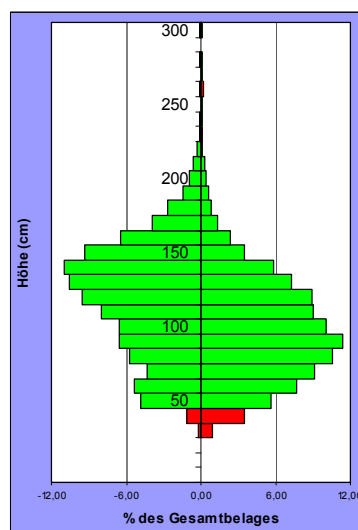
Flüssigkeitsverteilung bei fahrendem G24-Gebläse. Maximale Zapfwellendrehzahl.

Die Flüssigkeitsverteilung des RMS-Gebläses G24 in Abb. 89 (AVI 80 015, 10 bar) ähnelte im Stand der des SMS-Gebläses (Abb. 87). Während der Fahrt (Abb. 90) wurde der Flüssigkeitsaustrag jedoch viel stärker als beim SMS über die gesamten Messpositionen erhöht. Der deutlich erkennbare Dralleffekt kann auf die höheren Luftgeschwindigkeiten des G24 zurückgeführt werden. G24 ist im Gipfelbereich somit stark abdriftgefährdet.

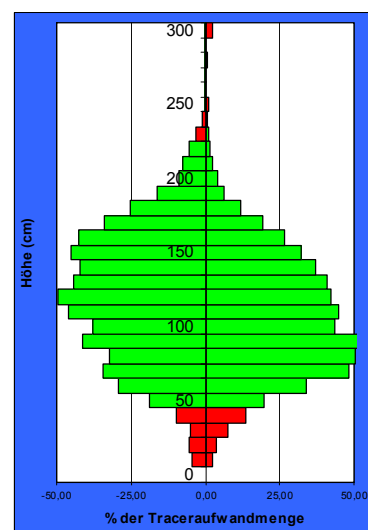
Bei der zweiten RMS-Gebläseform TS 9/90 mit einer Bestückung von sechs AVI 80 02-Düsen war der Dralleffekt am deutlichsten (Abb. 91-93). TS 9/90 scheint einerseits im Vergleich zu den anderen Steilhanggebläsen weniger Abdrift an den Grenzbereichen der Laubwand zu produzieren. Andererseits ist jedoch die Gefahr gegeben, dass der Wirkstoff unkontrolliert durch die Zielfläche getragen wird und andere Höhenpositionen dagegen weniger bedeckt werden.



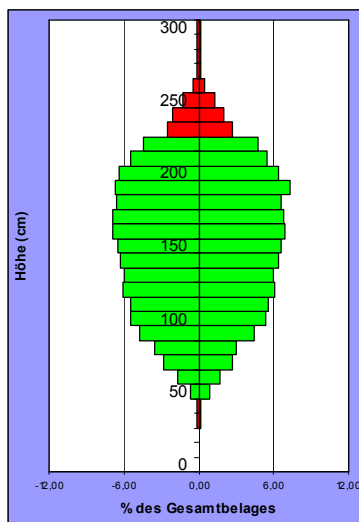
**Abb. 91:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
stehendem TS 9/90-Gebläse.  
Zapfwellendrehzahl: 540 min<sup>-1</sup>.



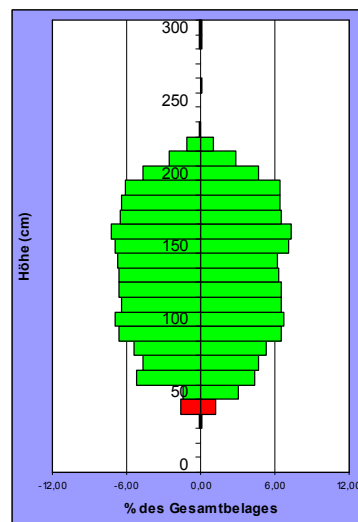
**Abb. 92:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
stehendem TS 9/90-Gebläse.  
Zapfwellendrehzahl: 400 min<sup>-1</sup>.



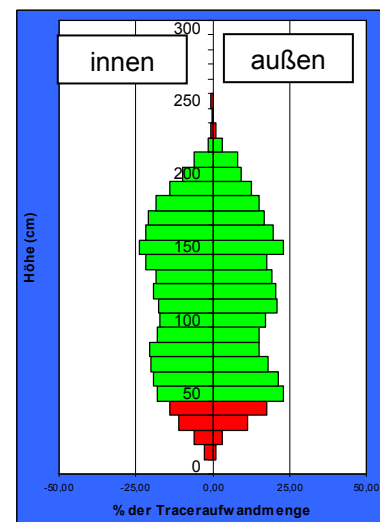
**Abb. 93:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem TS 9/90-Gebläse.  
Zapfwellendrehzahl: 400 min<sup>-1</sup>.



**Abb. 94:**  
Flüssigkeitsverteilung  
bei stehendem GSG-Gebläse.  
Öldurchflussmenge:  $20 \text{ L min}^{-1}$ .



**Abb. 95:**  
Flüssigkeitsverteilung  
bei stehendem Tecnomagebläse.  
Zapfwellendrehzahl:  
 $540 \text{ min}^{-1}$ .



**Abb. 96:**  
Flüssigkeitsverteilung bei  
fahrendem Tecnomagebläse.  
Zapfwellendrehzahl:  
 $540 \text{ min}^{-1}$ .  
Getrennt nach Innenteilbreite  
(innen) und Außenteilbreite  
(außen).

Die Geräte GSG (mit AVI 80 015) und Vectis (mit AVI 80 02) erzeugten beide nahezu perfekte VV-Profile (vgl. Abb. 94 und 95). Ein leichter Flüssigkeitsaustrag von GSG oberhalb der Zielfläche wäre durch eine Gerätejustierung leicht zu korrigieren. Ebenso wäre der Flüssigkeitsausstoß von Vectis unterhalb der Laubwand durch veränderte Positionierung des Gebläsekörpers anhand hydraulischer Verstellung korrigierbar. In Abb. 96 ist nicht die linke und rechte Gebläsesseite von Vectis dargestellt, sondern die Innen- und Außenteilbreite. Diese zeigten gleichermaßen eine homogene Verteilung.

#### Zusammenfassung Kap. 6.4

- Die Ergebnisse der Flüssigkeitsverteilung bestätigen die Erkenntnisse der Luftstrommessungen. Bei konventioneller Steillagentechnik sind starke Dralleffekte und hohes Abdriftpotenzial erkennbar.

## 6.5 Blattbelag

### 6.5.1 Blattbelag im Spalier

In drei Versuchsjahren wurden verschiedene Sprühgeräte unterschiedlicher Einstellung hinsichtlich des erzeugten Initialbelages auf Rebblättern getestet. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in chronischer Reihenfolge, bei fortlaufender geräte-technischer Entwicklung. Besondere Aufmerksamkeit gilt bei der Interpretation der Ergebnisse generell der Blattunterseite (BUS), die im Weinbau als Zielposition deutlich benachteiligt ist.

#### Versuchsanlage Bernkastel im Jahr 2010

Im Jahr 2010 wurde das Rinklingebläse in der Geräteausführung als letzte Entwicklungsstufe vor der Serienbauweise (Typ 4) mit gängigen Gebläsen verglichen, um erste Tendenzen über die Belagsqualitäten zu erhalten. Die Versuche wurden wie in Tab. 5 dargestellt angeordnet.

Tab. 5: Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Bernkastel im Jahr 2010.

Gerät	Typ	Zapfwelle n [min <sup>-1</sup> ]	Anzahl Düsen	Düsen- typ	Druck [bar]	v [km h <sup>-1</sup> ]	Ausstoß [L ha <sup>-1</sup> ]
Rinklin	Typ 4	vgl. 540	4	80 02	8,5	5	720
SMS	Zupan	max	4	80 02	8,5	5	720
RMS	G24	540	5	80 015	8,5	5	673
Wanner	ZA 24	max	5	80 015	8,5	5	673

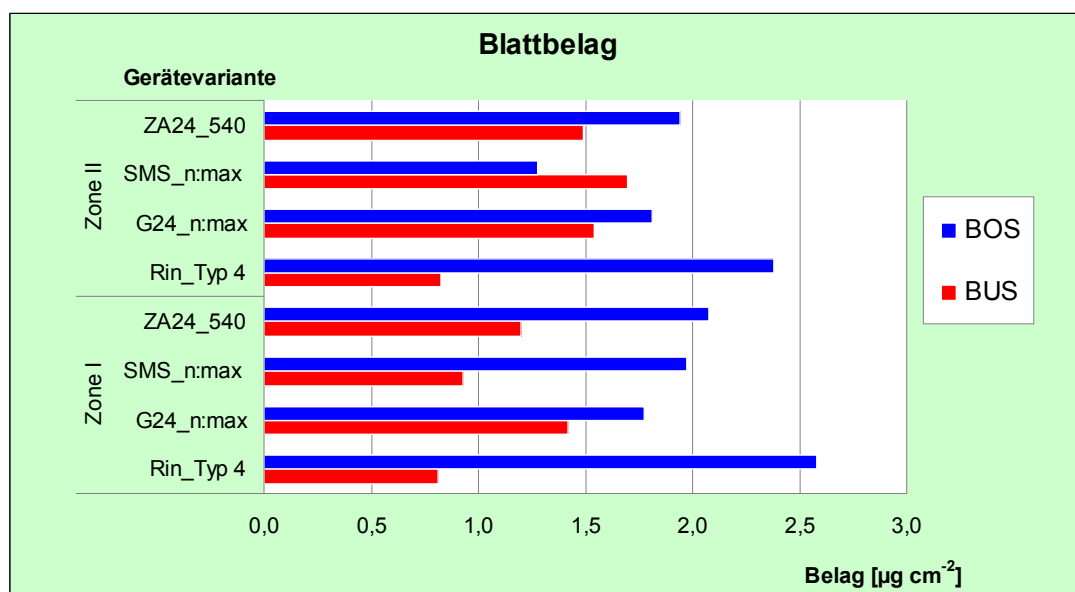


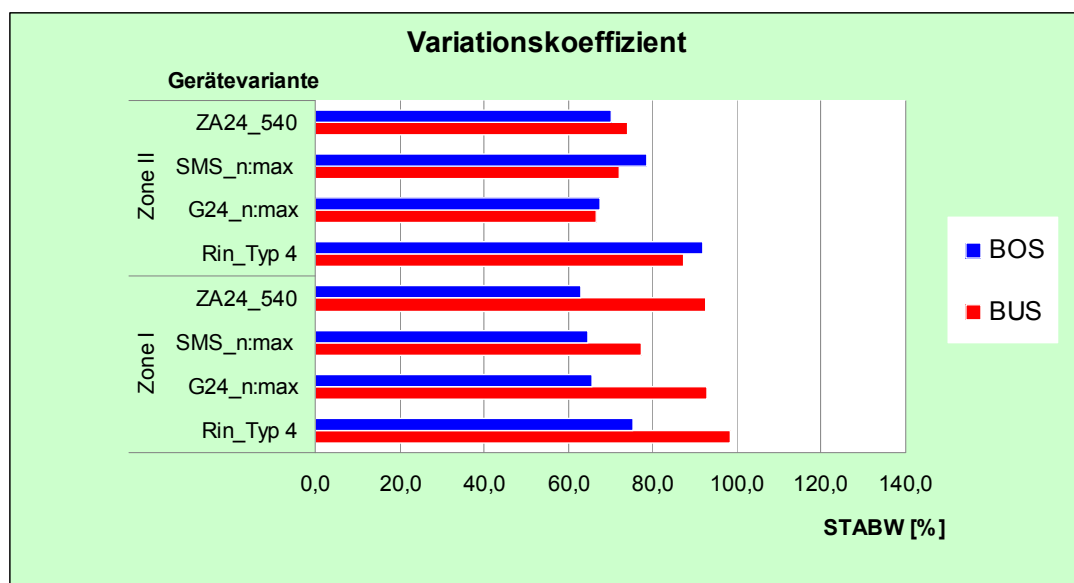
Abb. 97: Blattbeläge Versuchsreihe Bernkastel 2010 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). SMS-Gebläse und G24 (RMS) mit maximaler Drehzahl, ZA 24 bei 540 min<sup>-1</sup> und Rinklin Typ 4 mit einer analogen Öldurchflussmenge. Zone I = Traubenzzone, Zone II = Gipfelzone.

Wie in Abb. 97 zu erkennen, belegte G24 in den Versuchen die untere Laubwandhälfte (Zone 1) am besten, gefolgt von ZA 24 und SMS-Gebläse. Rinklin erzeugte die niedrigsten Beläge.

Bei der oberen Laubwandhälfte (Zone 2) führte das SMS-Gebläse, gefolgt von G24 und ZA 24. Rinklin bildete auch in dieser Zone den geringsten Belag auf der BUS, produzierte jedoch insgesamt die höchsten Beläge auf der BOS.

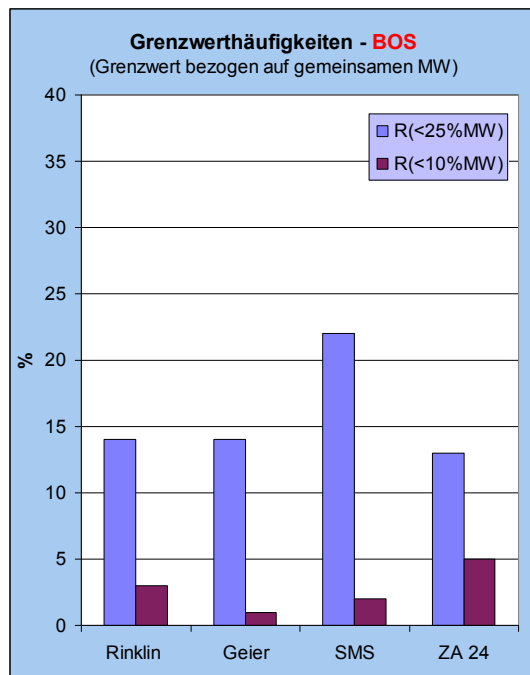
Das unausgeglichene Benetzungsverhalten lässt sich möglicherweise auf eine falsche Geräteeinstellung zurückführen. Im Folgejahr sollte zur Überprüfung dieser Vermutung eine Drehzahlstafflung in die Versuchsvarianten einbezogen werden.

Die Variationskoeffizienten (VK) der in Abb. 98 dargestellten Einzelversuche verdeutlichen mit Werten unter 100 % (63-97 %) eine für den Weinbau akzeptable Streubreite der Stichproben.

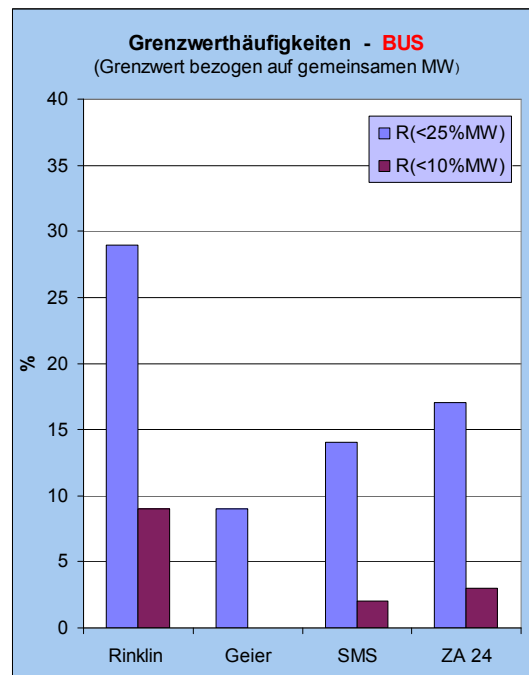


**Abb. 98:** Variationskoeffizienten Versuchsreihe Bernkastel 2010 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). SMS und G24 (RMS) mit maximaler Drehzahl, ZA 24 bei  $540 \text{ min}^{-1}$  und Rinklin Typ 4 mit einer analogen Öldurchflussmenge. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

Bei der Ermittlung der Grenzwerthäufigkeit (GWH) wurden beim SMS-Gebläse am meisten unzureichend belegte BOS gefunden (Abb. 99), bei der Betrachtung der BUS wies Rinklin am meisten unzureichend und nicht belegte Blätter auf (Abb. 100). G24 applizierte in der Gesamtbetrachtung am zuverlässigsten, nur 1 % der Blätter auf der BOS war nicht belegt, auf der BUS war kein Blatt unbelegt.



**Abb. 99:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Bernkastel 2010



**Abb. 100:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Bernkastel 2010

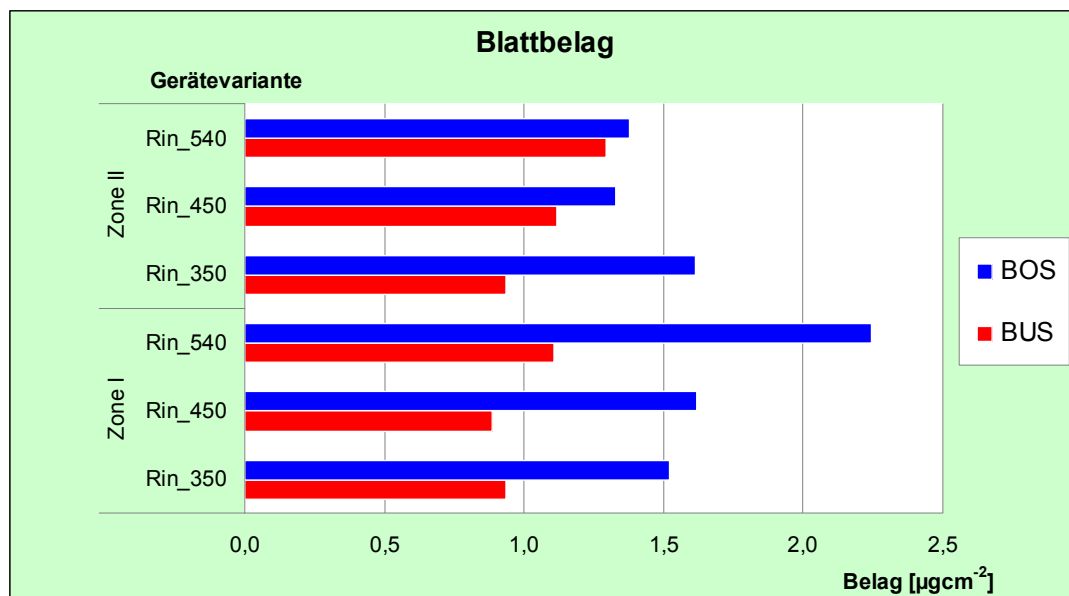
### Versuchsanlage Geisenheim im Jahr 2011

Im zweiten Versuchsjahr wurde die Drehzahloptimierung des Rinklin Seriengebläses forciert, um möglicherweise bessere Blattbeläge auf der BUS zu erzielen. Neben dem Vergleichsstandard ZA 24 wurde ebenfalls eine Überzeilenalternative getestet. Beim Überzeilengerät wurde Außen- und Innenteilbreite gesondert betrachtet. Die Versuchsanordnung kann Tab. 6 entnommen werden.

**Tab. 6:** Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Geisenheim im Jahr 2011.

Gerät	Variante	Zapfwelle n [min <sup>-1</sup> ]	Anzahl Düsen	Düsen-typ	Druck [bar]	v [km h <sup>-1</sup> ]	Ausstoß [L ha <sup>-1</sup> ]
Rinklin	Serie	350	4	80 015	8,5	6	449
Rinklin	Serie	450	4	80 015	8,5	6	449
Rinklin	Serie	540	4	80 015	8,5	6	449
Wanner	ZA 24	540	5	80 015	6	6	472
Vectis	InnenTB	540	5	80 015	8,5	6	561
Vectis	AußenTB	540	5	80 015	8,5	6	561

Bei dem geräteinternen Drehzahlvergleich der Rinklin Serienbauweise (Abb. 101) nahm der Belag bei reduzierter Drehzahl auf der BUS gleichmäßig ab, wobei die Einzelwerte bei 350 min<sup>-1</sup> und 450 min<sup>-1</sup> etwas stärker streuten (Abb. 103). Der Belag auf der BOS in Zone 1 war bei Variante Rin\_540 auffällig stark ausgeprägt.



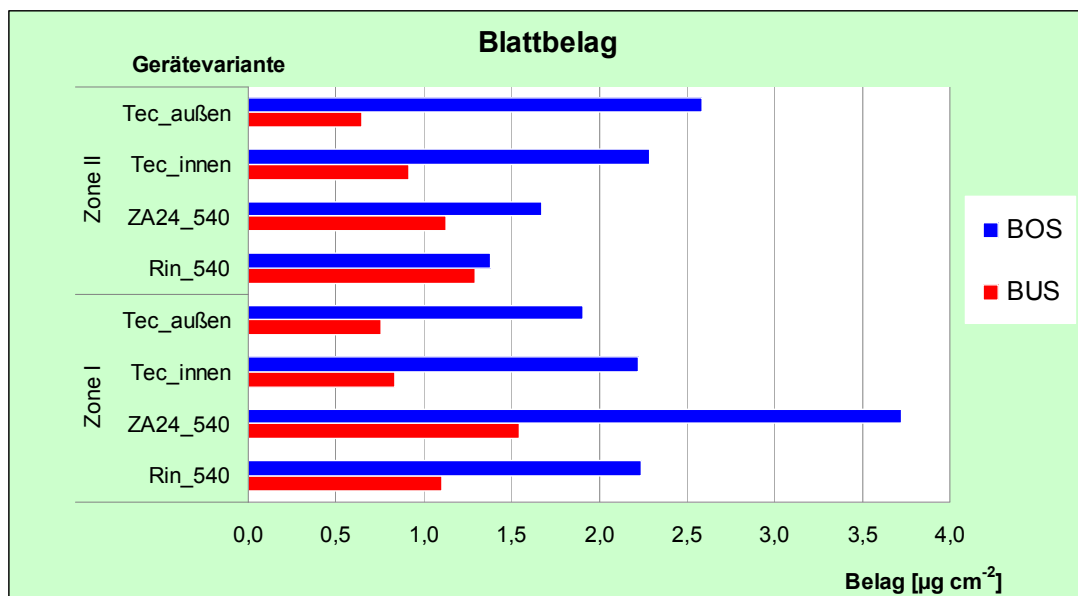
**Abb. 101:** Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Die Zapfwelldrehzahl des Rinklingerätes liegt bei 350 min<sup>-1</sup>, 450 min<sup>-1</sup> und 540 min<sup>-1</sup>. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

Im Vergleich der getesteten Geräte (Abb. 102) verhielten sich ZA 24 und Rinklin nicht deckungsgleich, aber ähnlich. ZA 24 belegte die BUS in Zone 1 etwas besser, Rinklin erbrachte eine bessere Applikation in Zone 2.

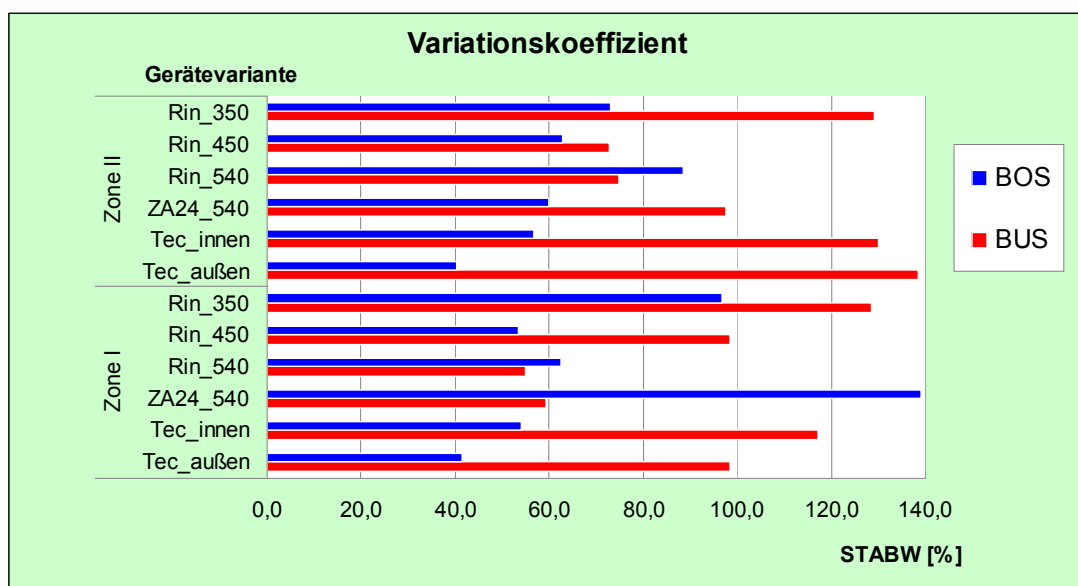
Die Belagsverteilung der Vectis Außenteilbreite war nur geringfügig, aber nicht signifikant schlechter als die der Innenteilbreite. Vectis produzierte einerseits hohe Beläge auf der BOS, war jedoch das schlechteste Gerät bezüglich der BUS.

Die Versuchsreihe in 2011 konstatierte, dass die schwer zu erreichende Zielposition der BUS tendenziell stärker streute (vgl. Abb. 103). Vectis stach mit den höchsten VK-Werten auf beiden Zonen heraus. Rinklin variierte bei niedrigster Drehzahl in beiden Zonen viel stärker als bei mittlerer und hoher Drehzahl.

Bei einem direkten Wertevergleich des ZA 24 in zwei Versuchsjahren und verschiedenen Weinbergen weichen die Blattbeläge generell nur geringfügig voneinander ab (vgl. Abb. 98 und 102). Die Abweichungen der Mittelwerte begrenzen sich auf 0,2-0,4 µg cm<sup>-2</sup>. Eine Ausnahme liegt bei der BOS in Zone 1 vor. Der Belag Geisenheim 2011 lag dort bei ZA 24 bei 3,7 µg cm<sup>-2</sup> und überstieg den Vorjahreswert um 1,6 µg cm<sup>-2</sup>. Der unsichere Wert ist hierbei dem Wert der Versuchsreihe „Geisenheim 2011“ zuzuordnen, was anhand des hohen VK von 140 % in Abb. 103 festgestellt werden kann. Die Stichproben waren durchweg signifikant überbelegt. Bei den Versuchen im Jahr 2010 wurde diese hohe Standardabweichung bei dem Gerät nicht festgestellt, der VK lag bei 70 %.

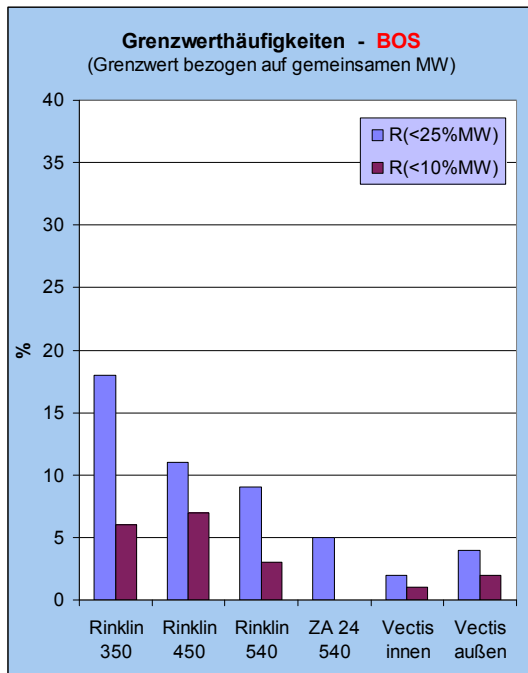


**Abb. 102:** Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Die Zapfwelldrehzahl von Tecnomer (Tec), ZA 24 und Rinklin liegt bei  $540 \text{ min}^{-1}$ . Die Darstellung des überzeiligen Tecnomergerätes erfolgt getrennt nach Außenteilbreite (außen) und Innenteilbreite (innen). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

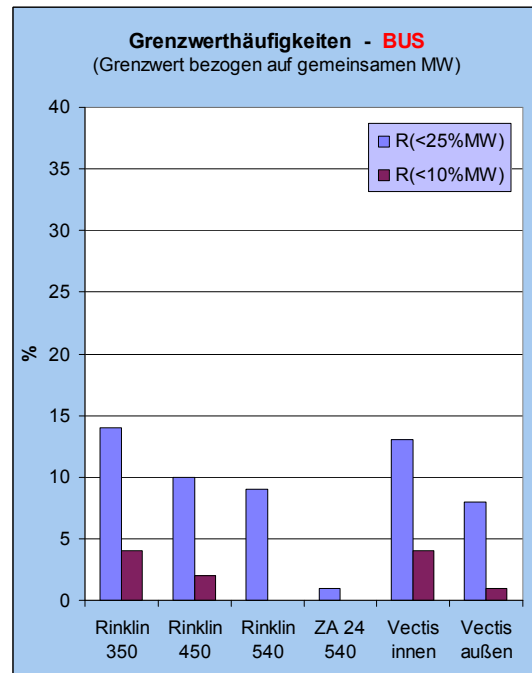


**Abb. 103:** Variationskoeffizienten Versuchsreihe Geisenheim 2011 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Zapfwelldrehzahl von Tecnomer (Tec) und ZA 24 bei  $540 \text{ min}^{-1}$ , Rinklin in drei Drehzahlstapelungen mit  $350 \text{ min}^{-1}$ ,  $450 \text{ min}^{-1}$  und  $540 \text{ min}^{-1}$ . Die Darstellung des überzeiligen Tecnomergerätes erfolgt getrennt nach Außenteilbreite (außen) und Innenteilbreite (innen). Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

Das ZA 24 geht in Abb. 104 und 105 als bestes Gerät der GWH-Bildung hervor. Nur maximal 5 % der Blätter waren unzureichend bedeckt. Es gab keine Blätter, die gar keinen Belag aufwiesen. Bei Rinklin nahmen mit steigender Drehzahl die GWH-Werte ab. Vectis belegte auf der BOS sehr zuverlässig, im BUS-Bereich vergleichbar mit Rinklin.



**Abb. 104:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2011.



**Abb. 105:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2011.

## Versuchsanlage Bernkastel im Jahr 2012

Die Funktionstüchtigkeit des StGT mit Pflanzenschutzeinheit wurde erst im Jahr 2012 sichergestellt. In der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit kamen außer nachfolgenden Blattbelagsmessungen keine anderen Messmethoden zur Anwendung.

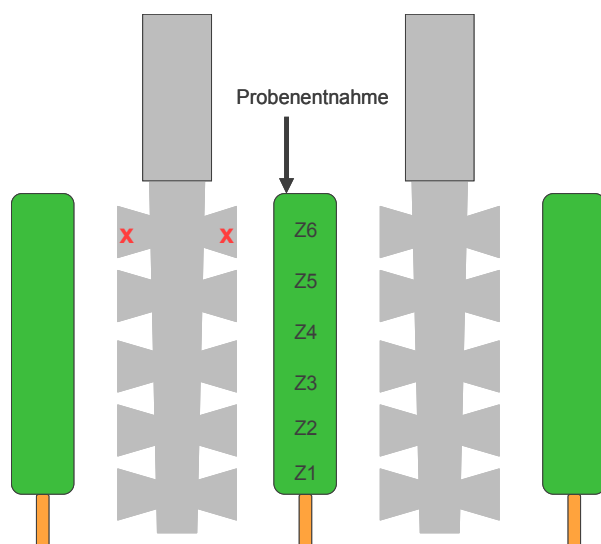
Tab. 7 zeigt die unterschiedlichen Varianten zu verschiedenen Messzeitpunkten.

**Tab. 7:** Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen: Bernkastel im Jahr 2012.

Gerät	Typ	Zapfwelle n [min <sup>-1</sup> ]	Anzahl Düsen	Düsen- typ	Druck [bar]	v [km h <sup>-1</sup> ]	Ausstoß [L ha <sup>-1</sup> ]
StGT_25.07.	4 Fächer	ca. 480	4	80 015	10	5	523
StGT_25.07.	5 Fächer	ca. 480	5	80 015	10	5	654
RMS_17.7.	G24	max	5	80 015	10	5	654
RMS_25.07.	G24	max	5	80 015	10	5	654

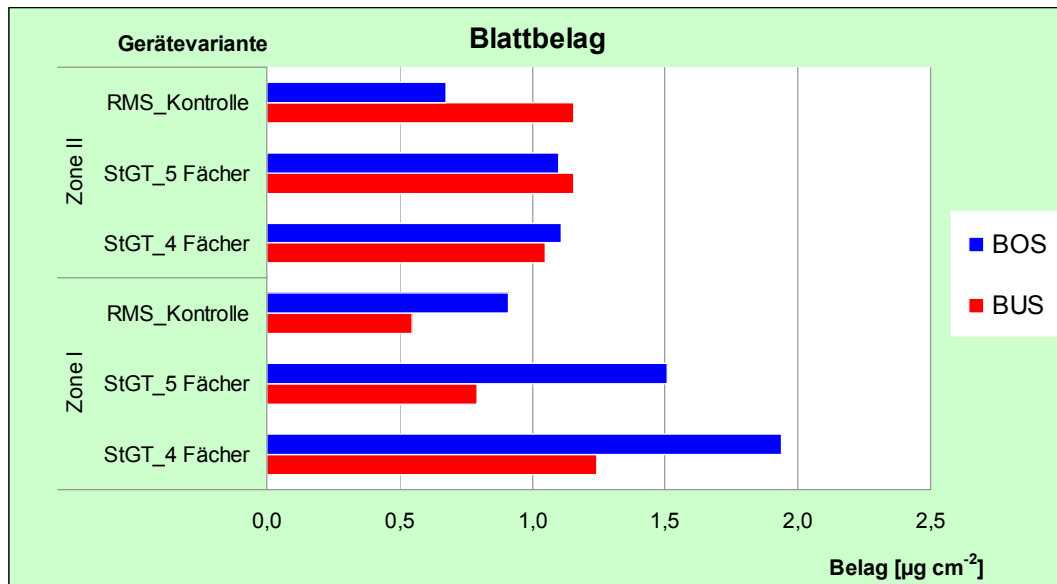
Am 25.07.12 wurden zwei StGT-Varianten als Vier-Teilbreitenversion des Rinklin-gebläses (vgl. Abb. 108 und 109) dem RMS-Gebälse G24 gegenüber gestellt.

Die StGT-Varianten erschlossen sich aus der Option vier bzw. fünf Luftfächer zu öffnen, da der Gerätehersteller ohne Rücksprache einen zusätzlichen Fächer je Teilbreite am Luftleitschacht installierte. Der Versuchsaufbau erfolgte, wie in Abb. 106 dargestellt, mit gegenüberstehenden Gebläsen, wobei bei der ersten Variante die obersten Luftfächer mit Klebeband versiegelt wurden (StGT\_4) und bei der zweiten Variante alle Luftaustrittsöffnungen geöffnet blieben (StGT\_5).



**Abb. 106:** Schematische Darstellung der Sprühversuche mit dem StGT. Die Laubwand wird in sechs Zonen (Z1 bis Z6) unterteilt und die Probenentnahme erfolgt an der gekennzeichneten Laubwandseite. Die roten Kreuze markieren die versiegelten Fächer für die 4-Fächer-Variante.

Die in Abb. 107 dargestellten Blattbelagsmessungen verdeutlichen die leichte Überlegenheit der StGT 4-Fächer-Variante, die die höchsten Beläge auf der BUS erzeugte. G24 schnitt auf der BUS in Zone 1 im Vergleich am schlechtesten ab.



**Abb. 107:** Blattbeläge Versuchsreihe Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Als RMS Kontrollgerät wird G24 mit maximaler Zapfwellendrehzahl betrieben. Die StGT-Varianten sprühen mit  $450 \text{ min}^{-1}$ . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

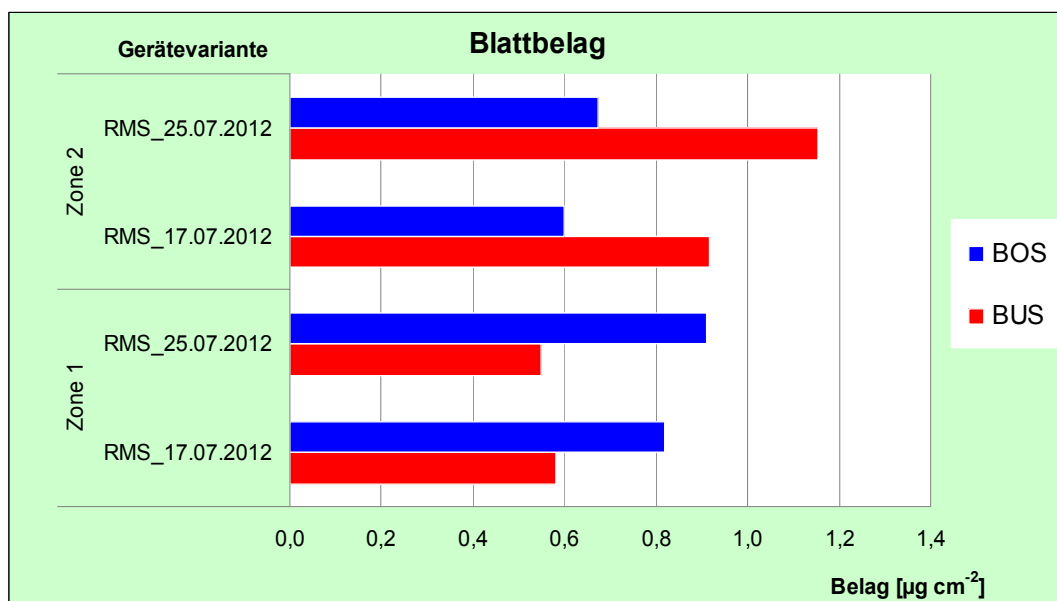
Ein weiterer Teil der Versuchsreihe 2012 beinhaltete die Gegenüberstellung eines identischen Sprühgerätes in der gleichen Versuchsanlage im zeitlichen Abstand von nur acht Tagen. Anhand des RMS-Gebälases G24 sollte ein Nachweis für die Wiederholbarkeit der Belagsmessmethode bei nicht zu stark differierenden Versuchsanlagenparametern erbracht werden. Als Resultat bildeten sich die Blattbeläge bei einer Versuchsunterbrechung von ca. einer Woche, wie in Abb. 110 zu erkennen, nicht unterschiedlich, sondern sehr ähnlich aus.



**Abb. 108:** StGT mit Rinklinsprühaggregat.

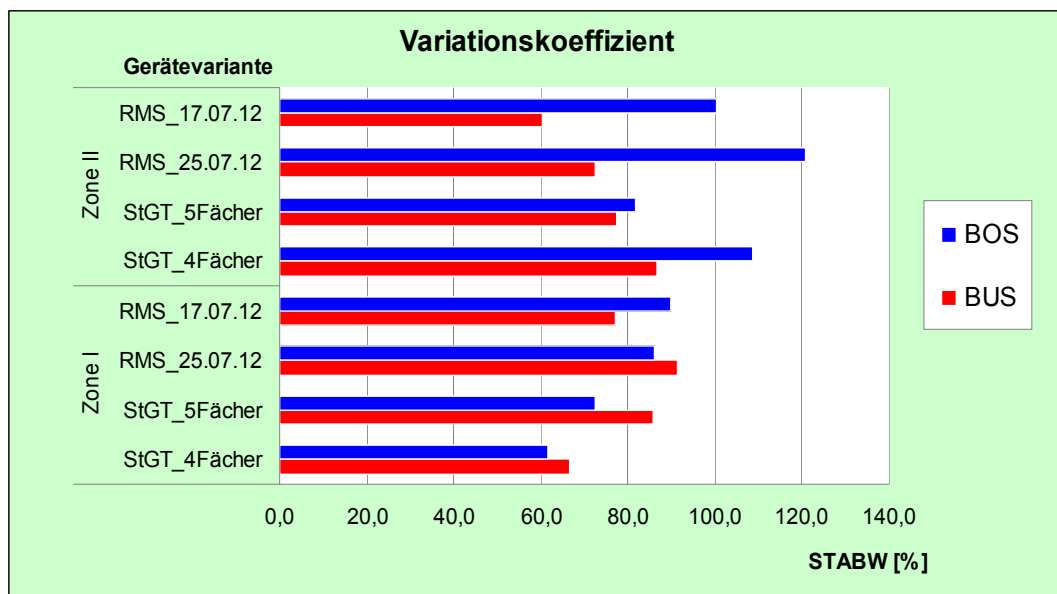


**Abb. 109:** Blattbelagsversuche mit dem StGT.

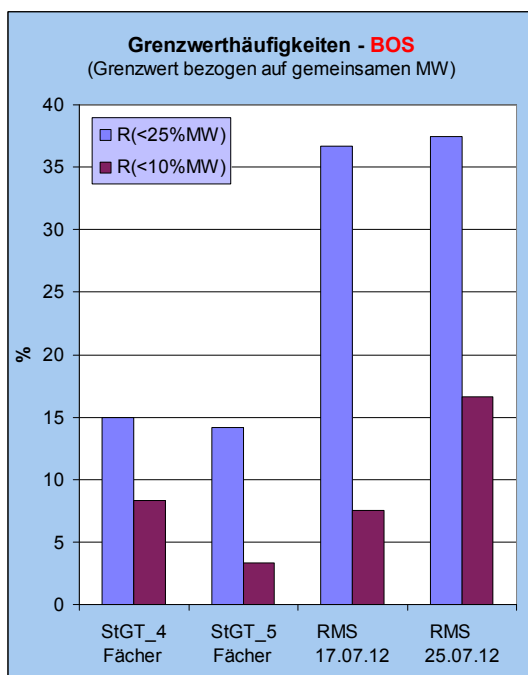


**Abb. 110:** Vergleich der Blattbelagsmassen getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) beim RMS (Typ G24) an unterschiedlichen Versuchsterminen zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit von Blattbelagsmessungen. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

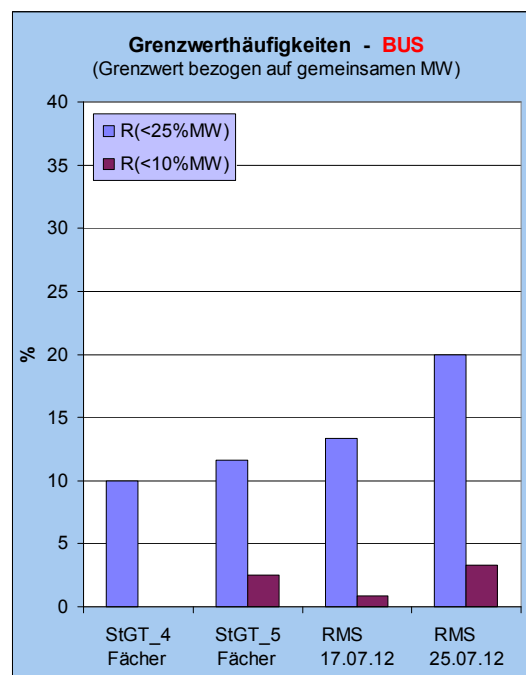
Die VK-Werte von 60-95 % auf allen BUS lassen in Abb. 111 erkennen, dass die relative Streuung der Messwerte um den Mittelwert bei der gesamten Versuchsreihe 2012 im akzeptablen Bereich lag. Lediglich G24 und der StGT mit 4-Fächern streuten auf der BOS in Zone 2 etwas stärker als 100 %.



**Abb. 111:** Variationskoeffizienten Versuchsreihe Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Das RMS sprühte an zwei unterschiedlichen Versuchsterminen. Am 25.07.2012 wurden das RMS und die beiden StGT-Varianten (4-Fächer- und 5-Fächergerät) gemeinsam gemessen. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.



**Abb. 112:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2012.

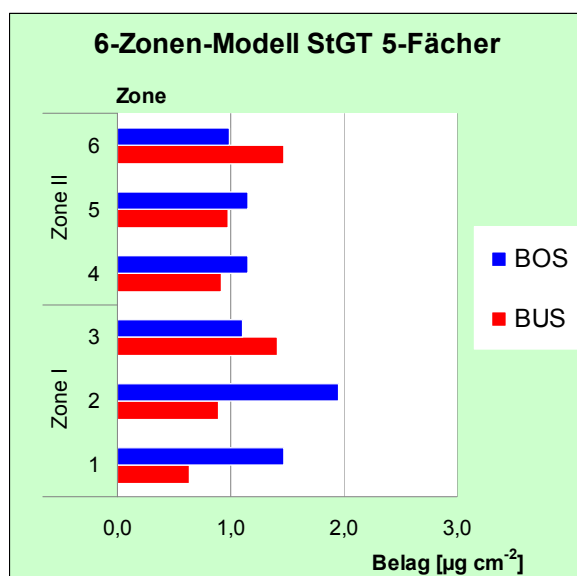


**Abb. 113:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche in Geisenheim 2012.

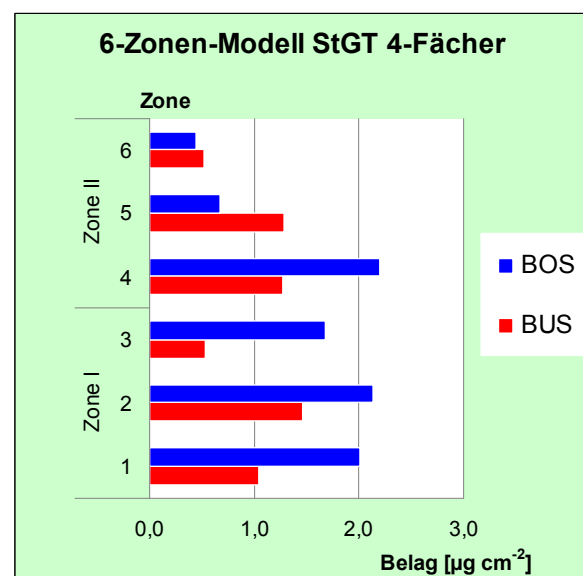
Bei der Betrachtung der GWH-Werte (Abb. 112 und 113) streute G24 viel stärker als bei den Versuchen im Jahr 2010 (Abb. 99 und 100), besonders auf der BOS. In der späten Versuchsdurchführung fanden sich mehr unbelegte Blätter als bei der früheren Überfahrt acht Tage zuvor. G24 wich insgesamt häufiger vom Belagsmittelwert ab als die StGT-Varianten.

Auf der BOS traf die 5-Fächer-Variante des StGT über die gesamte Stichprobe die Blätter etwas sicherer. Bei der BUS wird hingegen die 4-Fächer-Variante favorisiert, da kein Blatt existierte, das nicht belegt war.

Bei einer differenzierteren Betrachtung mit sechs Probenentnahmezonen (Abb. 114 und 115) werden die höhenpezifischen Verteilungseigenschaften der StGT-Varianten deutlich. Bei fünf geöffneten Luftaustrittsöffnungen entsteht ein gleichmäßiger Blattbelag über das gesamte Zielobjekt mit leicht erhöhtem Belag auf der BOS in Höhenposition 1 und 2. Wenn der obere Fächer verschlossen wird, verringert sich der Belag in der Gipfelzone (Zone 6), es ist ebenfalls ein niedriger Belag auf der BUS in Zone 3 zu verzeichnen. Auffällig ist weiterhin die hohe Belagsbildung auf der BOS in Zone 1 bis 4.

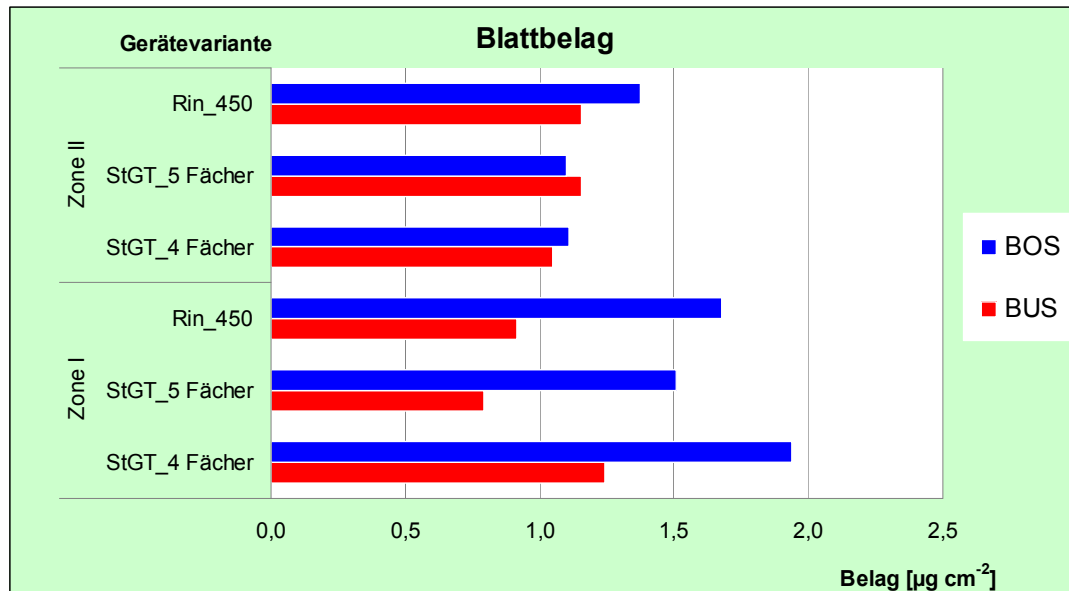


**Abb. 114:** Blattbelagsmassen des StGT's als 5-Fächerversion getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Hauptzone I = Traubenzone, Hauptzone II = Gipfelzone. Eine höhere vertikale Auflösung der Laubwand bieten die ebenfalls aufgeführten Zonen 1 bis 6.



**Abb. 115:** Blattbelagsmassen des StGT's als 4-Fächerversion getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Hauptzone I = Traubenzone, Hauptzone II = Gipfelzone. Eine höhere vertikale Auflösung der Laubwand bieten die ebenfalls aufgeführten Zonen 1 bis 6.

In einer abschließenden Graphik (Abb. 116) erfolgt der Vergleich des StGt mit einer drehzahlanalogen Einstellung des Rinklin-Seriengerätes mit  $450 \text{ min}^{-1}$ , transferiert aus der Versuchsreihe „Geisenheim 2011“ (Abb. 101). Die Beläge in Zone 2 sind annähernd identisch, in Zone 1 liegt das Seriengerät zwischen beiden Fächervarianten.



**Abb. 116:** Vergleich der Blattbelagsmassen getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) der StGT-Varianten gegenüber der drehzahlanalogen Rinklin Serienversion mit  $450 \text{ min}^{-1}$ . Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone

Tab. 8 fasst alle Ergebnisse der Blattbelagsmessungen zusammen, die in Kap. 8.2 zur Diskussion gestellt werden. Rot markierte VK-Werte gelten als zu weit gestreut. Die GWH bezieht sich auf den Anteil der unzureichend belegten Blätter.

Die in Tab. 8 gezeigten Mittelwerte für jeweils  $n=100$  (in 2012  $n=120$ ) je Blattseite werden in einem weiteren Schritt mit einem zweiseitigen t-Test für ungepaarte Proben auf Signifikanz zwischen den verschiedenen Versuchsansätzen geprüft. Der Test soll herausstellen, ob die gefundenen Mittelwertsunterschiede rein zufällig entstanden sind oder ob es wirklich bedeutsame Differenzen der Blattbelagsbildung durch die getesteten Sprühgeräte gibt. Im Umkehrschluss kann hierdurch nachgewiesen werden, welche Versuchsvarianten die Belagsmassen sehr ähnlich verteilen, sodass theoretisch von einem gleichen Behandlungserfolg der betreffenden Gerätschaften mit spezifischer Einstellung ausgegangen werden kann. Die folgenden Kernaussagen fassen die für die Diskussion relevanten Aussagen des t-Tests zusammen. Die Auswertungen aller Variantenpaarungen können im Anhang (Tab. A8 bis A12) eingesehen werden.

**Tab. 8:** Vergleich aller Blattbelagsmessungen im Spalier der Jahre 2010 bis 2012 mit den dazugehörigen Streuwerten anhand der Variationskoeffizienten (VK) und Grenzwerthäufigkeiten (GWH). Getrennt aufgeführt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Angaben der Zapfwellendrehzahlen beim Sprühen in  $n = \text{min}^{-1}$ .

Gerät	Zone	2010 Belag [ $\mu\text{gcm}^2$ ]		2010 VK [%]		2010 GWH [%]	
		BUS	BOS	BUS	BOS	BUS	BOS
ZA 24 540	1	1,2	2,0	92	63	17	13
	2	1,5	1,9	74	70		
SMS max	1	0,9	2,0	92	65	14	22
	2	1,7	1,3	67	68		
RMS max	1	1,4	1,8	77	64	9	14
	2	1,5	1,8	72	78		
Rin 540	1	0,8	2,1	98	75	29	14
	2	0,8	2,4	82	92		
Gerät	Zone	2011 Belag [ $\mu\text{gcm}^2$ ]		2011 VK [%]		2011 GWH [%]	
$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]		BUS	BOS	BUS	BOS	BUS	BOS
ZA 24 540	1	1,5	3,7	59	139	1	5
	2	1,1	1,7	97	60		
Rin 350	1	0,9	1,5	128	97	14	18
	2	0,9	1,6	129	73		
Rin 450	1	0,9	1,6	99	53	10	11
	2	1,1	1,3	72	62		
Rin 540	1	1,1	2,2	55	62	9	9
	2	1,3	1,4	75	88		
Vectis 540	1	0,8	2,1	107	47	3	10
	2	0,8	2,3	134	48		
Gerät	Zone	2012 Belag [ $\mu\text{gcm}^2$ ]		2012 VK [%]		2012 GWH [%]	
$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]		BUS	BOS	BUS	BOS	BUS	BOS
RMS max	1	0,5	0,9	84	88	20	36
	2	1,2	0,7	66	110		
StGT_4 450	1	1,2	1,9	67	61	10	15
	2	1,0	1,1	87	109		
StGT_5 450	1	0,8	1,5	85	72	11	14
	2	1,2	1,1	77	81		

\* Variationskoeffizienten, die einen für den Weinbau hohen Streuwert größer 100 % erreicht haben, sind in roter Schrift markiert.

## Zusammenfassung Kap. 6.5.1

### 2010

- Die letzte Rinklin Entwicklungsstufe (Typ 4) belegte das Zielobjekt auf der BUS signifikant schlechter als die Vergleichsgeräte. Die BOS belegte das Gerät signifikant am besten.
- G24 belegte die Blattunterseiten signifikant besser als ZA 24, Rinklin und das SMS Gebläse.

### 2011

- Ziel einer Drehzahlreduzierung der Rinklin Serienversion war eine Verbesserung des Blattbelags auf der BUS gegenüber dem Vorjahr. Zwischen allen drei Varianten konnte kein signifikanter Belagsunterschied festgestellt werden. Eine Drehzahlminimierung ohne Belagsdefizite scheint möglich.
- Die höchste Drehzahlvariante war die einzige Einstellung, die dem Vergleichsstandard ZA 24 auf der BUS in der Belagsbildung ähnelte.
- Die untere Laubwandhälfte war bei allen Rinklinvarianten auf beiden Blattseiten signifikant schlechter belegt als beim Vergleichsgerät
- Das Überzeilenalternativgerät Vectis zeigte keine signifikanten Belagsunterschiede bei der Applikation mit der vom Gebläseläufer weiter entfernten Außenteilbreite im Vergleich zur läufernahen Innenteilbreite.

### 2012

- Die Applikationseigenschaften der StGT-Varianten auf BOS und BUS, bezogen auf die gesamte Zielfläche, waren gleich.
- Die untere Laubwandhälfte wurde vom 4-Fächergerät signifikant besser belegt.
- Rinklin Serie bildete bei mittlerer Drehzahleinstellung ( $450 \text{ min}^{-1}$ ) ähnliche Beläge aus wie die StGT-Varianten.
- Das Vergleichsgerät G24 schnitt beim Gesamtelag signifikant schlechter ab. Bei einer zeitnahen Versuchswiederholung bildeten sich ähnlich niedrige Werte aus. Bei identischem Gerät und gleicher Versuchsanlage unterschieden sich die Ergebnisse von 2010 gegenüber 2012 signifikant.

## 6.5.2 Blattbelag im Minimalschnitt

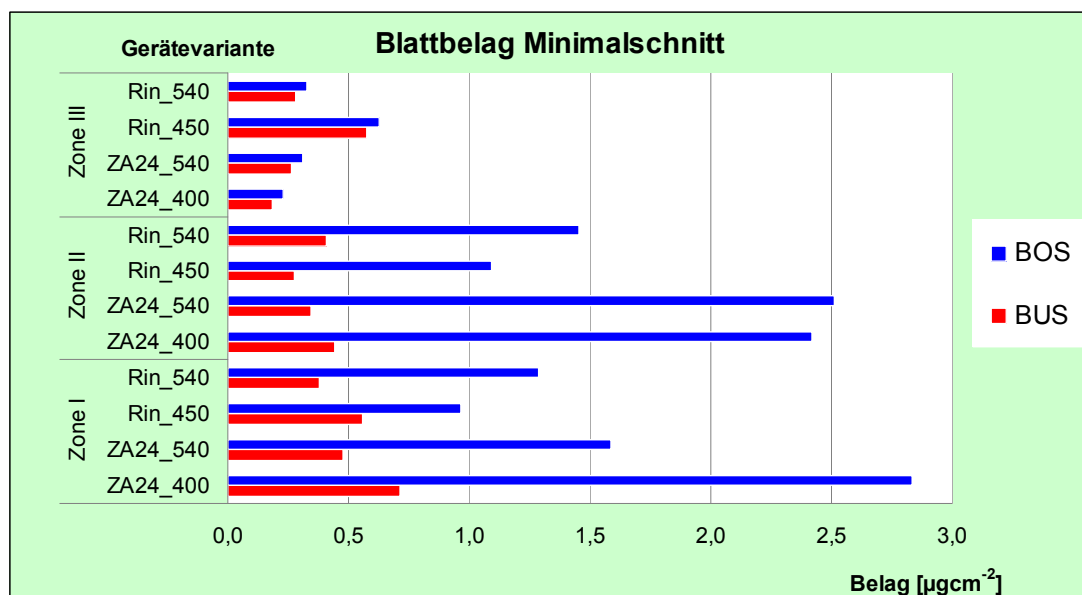
### Versuchsanlage Geisenheim Minimalschnitt im Jahr 2012

Im letzten Versuchsjahr wurden das Standardaxialgebläse ZA 24 und die neue Radialtechnik Rinklin Serie in einer Minimalschnittanlage hinsichtlich der Blattbelagsbildung untersucht. Die Stichprobenentnahme erfolgte nach einem neu entwickelten 3-Zonen-Schema gemäß der in Kap. 4.5.6 beschriebenen Versuchsanleitung und die Varianten sind in Tab. 9 dargestellt.

**Tab. 9:** Versuchsspezifikation der Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt: Geisenheim im Jahr 2012.

Gerät	Typ	Zapfwelle n [min <sup>-1</sup> ]	Anzahl Düsen	Düsen- typ	Druck [bar]	v [km h <sup>-1</sup> ]	Ausstoß [L ha <sup>-1</sup> ]
Rinklin	Serie	540	5	80 02	8,5	5	389
Rinklin	Serie	450	5	80 02	8,5	5	389
Wanner	ZA 24	540	6	80 015	8,5	5	467
Wanner	ZA 24	400	6	80 015	8,5	5	467

Die ersten Blattbelagsmessungen im Minimalschnitt (Abb. 117) stellten heraus, dass die Laubdachebene (Zone 3) tendenziell am wenigsten vom Wirkstoff erreicht wurde, auch an der sonst sehr einfach zu belegenden BOS.

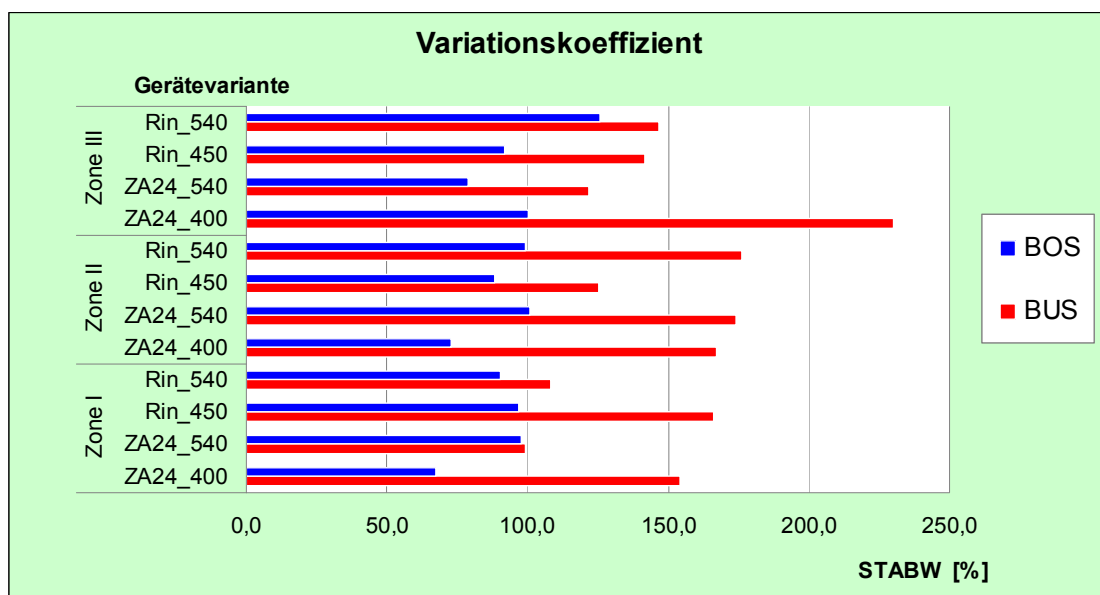


**Abb. 117:** Blattbeläge Versuchsreihe Minimalschnitt Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Rinklin Serie und ZA 24 werden mit der Standardzapfwelle (540 min<sup>-1</sup>) und verminderter Drehzahl (400 min<sup>-1</sup>) betrieben. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone, Zone III = Laubdachzone.

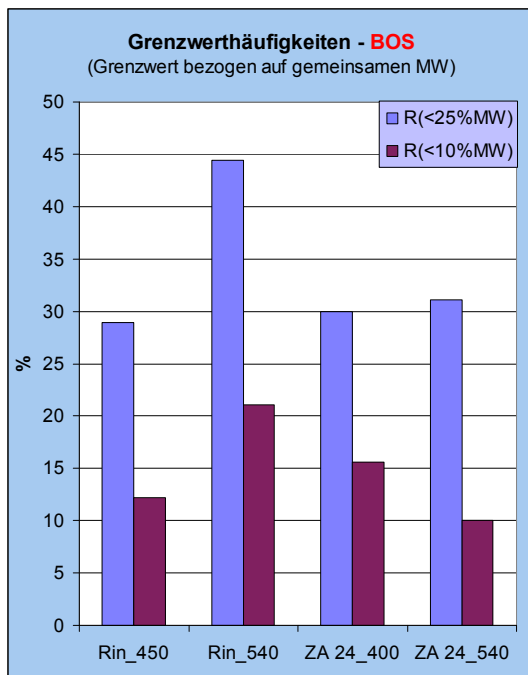
Rinklin applizierte mit verminderter Drehzahl in Zone 1 und Zone 3 auf der BUS etwas mehr Wirkstoff. ZA 24 war mit der Einstellung  $400 \text{ min}^{-1}$  in den beiden unteren Zonen im Mittelwert leicht begünstigt.

Das ZA 24 deckte die große Blattfläche im Gerätevergleich in den „Vertikalzonen“ (Zone 1 und Zone 2) etwas besser ab, womöglich durch das höhere Luftvolumen des Gerätes bedingt. Diese Tendenzen konnten im t-Test jedoch nicht bestätigt werden (siehe Anhang Tab. A11). Lediglich die BOS belegte das Gerät ZA 24 in beiden Varianten signifikant besser als das Rinklingerät.

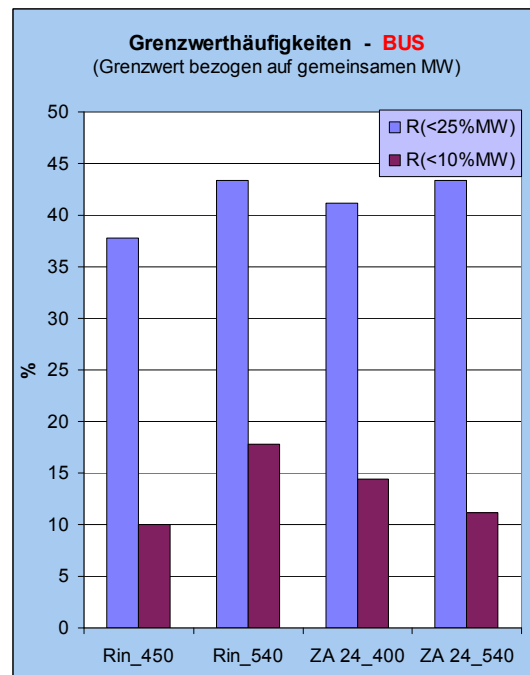
Bemerkenswert ist die hohe Belagsvariation der Stichproben bei allen Geräten (Abb. 118). Die Werte streuen mit einem VK von 100 % bis größer 200 % auf der BUS, so dass von wenig abgesicherten Stichprobenwerten gesprochen werden kann. Die BOS-Werte sind anhand des Variationskoeffizienten ausreichend abgesichert.



**Abb. 118:** Variationskoeffizienten Versuchsreihe Minimalschnitt Geisenheim 2012 getrennt nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS). Rinklin Serie und ZA 24 werden mit der Standardzapfwelle ( $540 \text{ min}^{-1}$ ) und verminderter Drehzahl ( $400 \text{ min}^{-1}$ ) betrieben. Zone I = Traubenzzone, Zone II = Gipfelzone, Zone III = Laubdachzone.



**Abb. 119:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattoberseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche Minimalschnitt Geisenheim 2012



**Abb. 120:** Grenzwerthäufigkeiten der Blattunterseiten anhand der Häufigkeiten R (%) der unzureichend belegten Stichproben. Versuche Minimalschnitt Geisenheim 2012

In der Minimalschnittanlage werden generell die höchsten GWH-Werte aller getätigten Versuche festgestellt (Abb. 119 und 120). Rinklin weist bei 540 min<sup>-1</sup> die meisten unbelegten Stichproben auf.

Im Vergleich der Geräte untereinander ist bei Rinklin auf BOS und BUS die niedrige Drehzahlvariante gleichmäßiger benetzt, beim ZA 24 ist dies umgekehrt der Fall.

### Zusammenfassung Kap. 6.5.2

- Die Laubdachzone ist beim Minimalschnitt am schwierigsten vom Wirkstoff zu erreichen.
- VK und GWH liegen bei Belagsmessungen im Minimalschnitt bei allen Messungen sehr hoch, somit liegt eine hohe Belagsvarianz vor.
- Das Standardaxialgebläse bildete gegenüber dem Radialgebläse signifikant höhere Beläge auf der BOS aus. Auf der BUS wurden gleichermaßen niedrige Werte ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gebläsearten gemessen.
- Anhand des t-Tests (vgl. Tab. A11) erwies sich der geringe Mehrbelag auf der BUS bei den drehzahlreduzierten Varianten als nicht signifikant.

## 6.6 Penetrationsverhalten

In Ergänzung der Blattbelagsmessungen soll das Penetrationsverhalten unter reproduzierbaren Bedingungen Aufschluss über die Wirkstoffdurchdringung des Zielobjektes geben. Aus den Belagsmittelwerten der vier Wiederholungen des Penetrationsmessstandes werden die prozentualen Belagsmassen jeder Durchdringungsebene im Balkendiagramm dargestellt. Den vom Gerät am weitesten entfernten Ebenen wird besondere Bedeutung beigemessen.

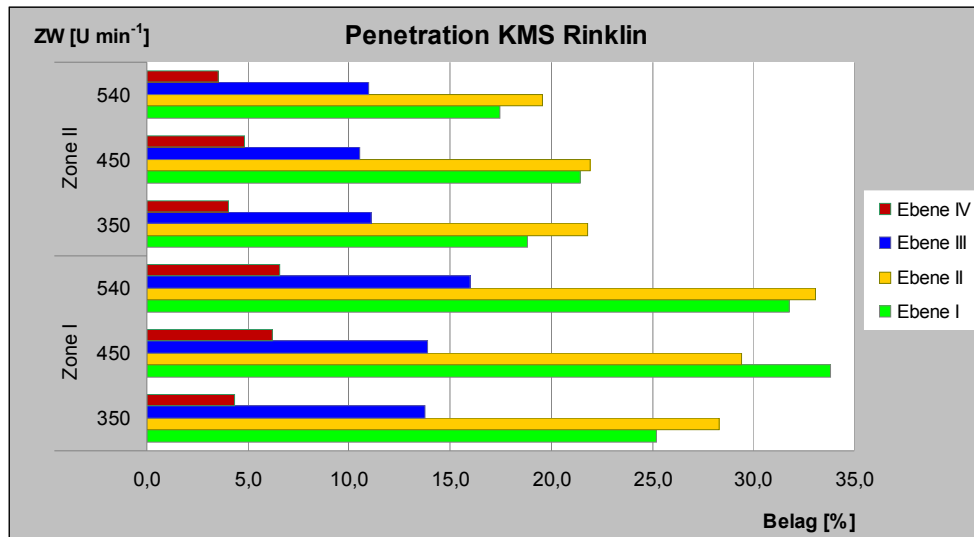
Alle Varianten wurden bei 8,5 bar und einer Geschwindigkeit von 6 km h<sup>-1</sup> gemessen. Die detaillierte Versuchsbeschreibung erfolgt in Tab. 10.

**Tab. 10:** Versuchsspezifikation Penetrationsmessungen alle Varianten.

Gerät	Variante	Zapfwelle [U min <sup>-1</sup> ]	Anzahl Düsen	Düsen- AVI	Flüssigkeit [L ha <sup>-1</sup> ]
Rinklin	Serie	350	4	80 015	337
Rinklin	Serie	450	4	80 015	337
Rinklin	Serie	540	4	80 015	337
SMS	Zupan	n max	4	80 020	450
RMS	G24	n max	5	80 015	421
Wanner	ZA 24	540	5	80 015	425

Zunächst sollte das Penetrationsverhalten der Rinklin-Drehzahlvarianten gegenüber gestellt werden.

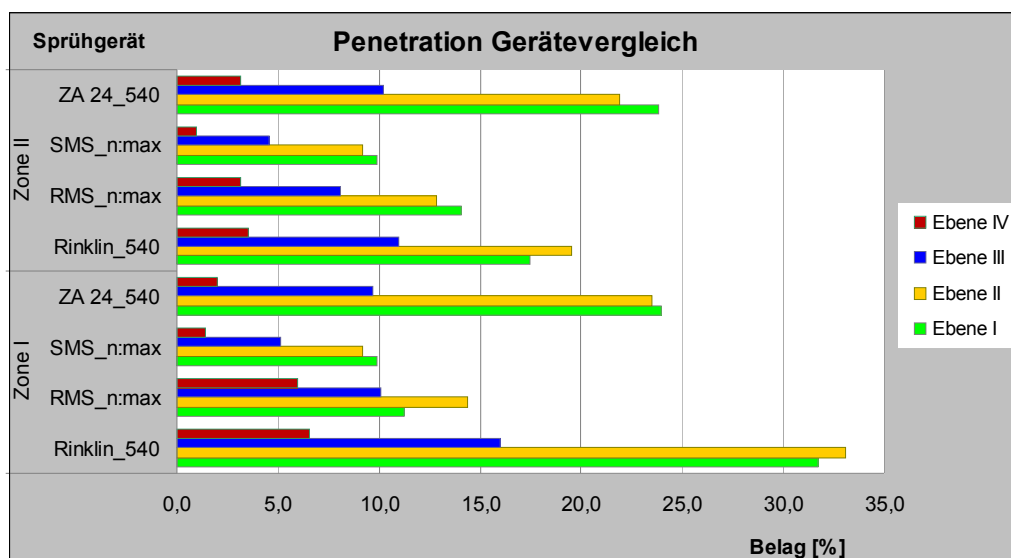
Zone 1 wurde bei allen Rinklin-Einstellungen etwas stärker penetriert als Zone 2 (vgl. Abb. 121). Ebene 3 wurde bei allen Varianten ebenbürtig erreicht. Die mittlere Drehzahleinstellung erzielt die höchsten Beläge in der für den Wirkstoff am schlechtesten zu erreichenden Ebene 4. Diese Beobachtung konnte jedoch nicht signifikant nachgewiesen werden.



**Abb. 121:** Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen. Die Zapfwelldrehzahl (ZW) des Rinklingerätes liegt bei 350 min<sup>-1</sup>, 450 min<sup>-1</sup> und 540 min<sup>-1</sup>. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

Im zweiten Versuchsabschnitt wurde das Rinklingerät dem Standardgebläse und der konventionellen Steillagentechnik gegenüber gestellt.

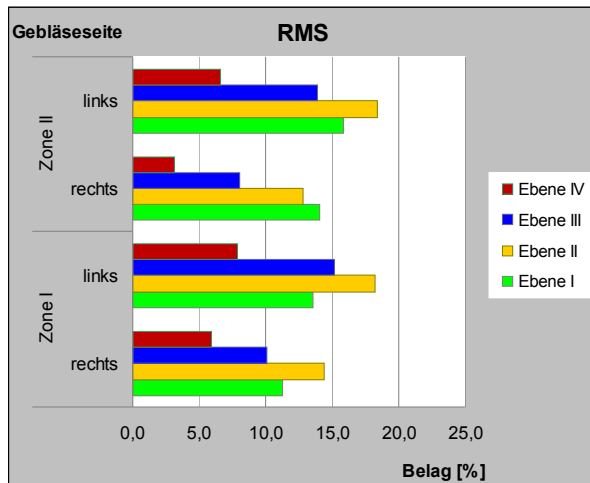
Im direkten Gerätevergleich, zu sehen in Abb. 122, bilden G24 und Rinklin in den hinteren Ebenen ein ähnliches Penetrationsverhalten in beiden Zonen aus. ZA 24 gleicht diesen Geräten in Zone 2, erzielt jedoch vergleichsweise nur ein Drittel der Beläge in Zone 1, Ebene 4. Das SMS-Gebläse erbringt in der Gesamtbetrachtung das niedrigste Penetrationsvermögen.



**Abb. 122:** Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen. Die Zapfwelldrehzahl von ZA 24 und Rinklin beträgt 540 min<sup>-1</sup>. RMS und SMS-Gebläse werden bei maximaler Drehzahl betrieben. Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

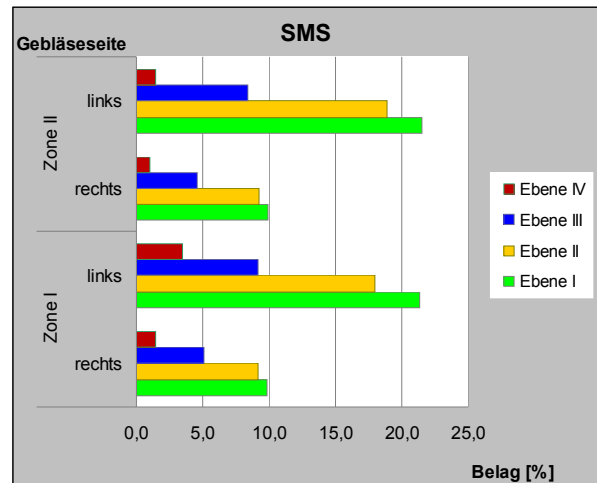
Bei den Steillagengebläsen kann zusätzlich eine separate Betrachtung der Gebläseseiten sinnvoll sein.

Die Auswirkungen der Gebläse-Asymmetrie auf das Penetrationsverhalten bei Axialgeräten mit ungünstiger Luftstromführung sind in Abb. 123 und 124 zu erkennen. G24 und besonders das SMS-Gerät zeigen auf der rechten Gebläseseite Defizite bei der Durchdringung.



**Abb. 123:** Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen beim RMS-Gerät G24 (beide Gebläseseiten).

Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.



**Abb. 124:** Penetrationsverhalten in vier Durchdringungsebenen beim SMS-Gerät (beide Gebläseseiten).

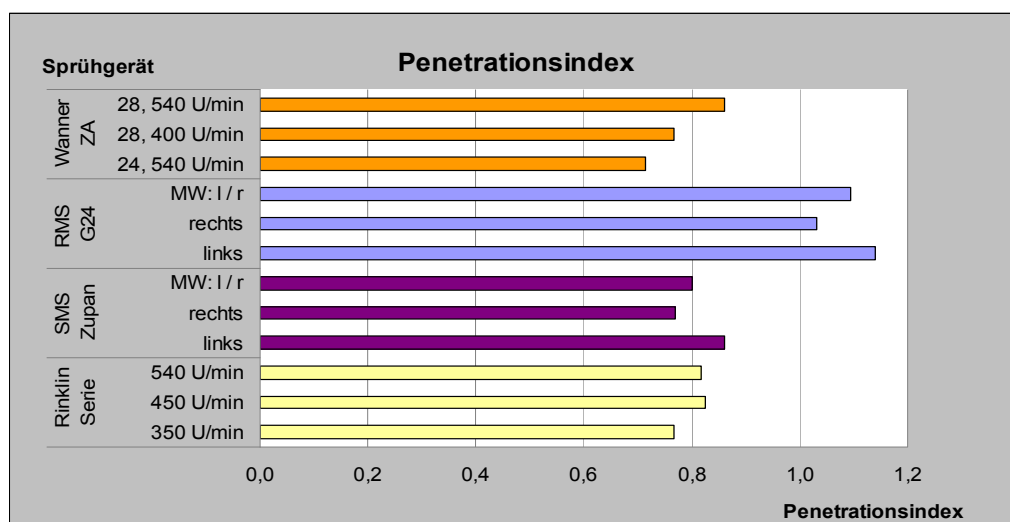
Zone I = Traubenzone, Zone II = Gipfelzone.

Die gerundeten Penetrationswerte des arithmetischen Mittels von Zone 1 und Zone 2 (Tab. 11) zeigen, dass ZA 24 und alle drei Rinklindrehzahleinstellungen von Ebene 1 bis Ebene 3 annähernd gleiche Belagsmassen erzielte, was auch durch den t-Test (vgl. Tab. A 14) bestätigt werden konnte. Die Steillagengeräte SMS und G24 bildeten in diesen Ebenen ebenfalls eine gleiche Belagsstruktur aus. Ebene 4 wurde von G24 und Rinklin gleichermaßen erreicht. Analog waren das SMS-Gebläse und ZA 24 in der hintersten Ebene vergleichbar.

**Tab. 11:** Prozentuale Penetration in vier Ebenen anhand der Mittelwerte der Laubwandzonen aller getesteten Gebläsevarianten (immer die rechte Seite und spezifische Zapfwelldrehzahlen).

Gerät _Zapfwelle	Ebene 1 [%]	Ebene 2 [%]	Ebene 3 [%]	Ebene 4 [%]
ZA 24	24	23	10	2,5
SMS_max	10	9	5	1,2
G24_max	12,5	13,5	9	4,5
Rin_350	22	25	12,5	4
Rin_450	27,5	25,5	12	5,5
Rin_540	24,5	26,5	13,5	5

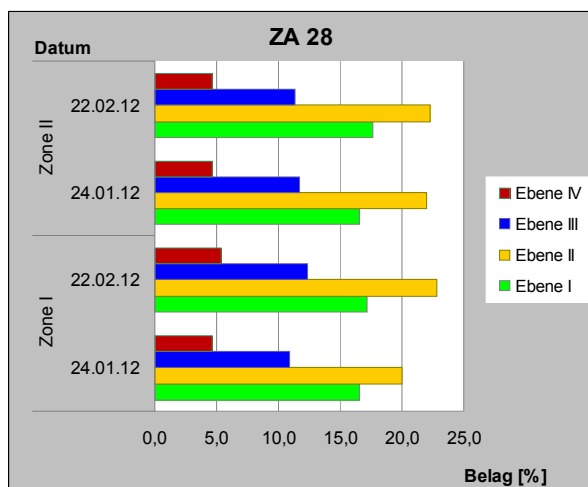
Die Bildung des Penetrationsindex nach den in Kap. 4.5.7 dargelegten Gewichtungsfaktoren dient der Gesamtbetrachtung und ist in Abb. 125 als Übersicht aller Geräte dargestellt. Bei SMS und G24 wird zwischen beiden Gebläseseiten differenziert und deren Mittelwert ist als Gerätegesamtwert ebenfalls dargestellt. Das ebenfalls getestete Obst- und Weinbaugebläse ZA 28 mit großem Gebläseläufer penetriert bei steigender Drehzahl stärker. ZA 28 übersteigt in der niedrigen Zapfwelleneinstellung sogar den Index der hohen Zapfwelldrehzahl des kleineren ZA 24 Gebläses. Auffällig ist das hohe Penetrationsvermögen von G24 im Vergleich zu allen anderen Geräten, die untereinander ähnliches Penetrationsverhalten zeigen.



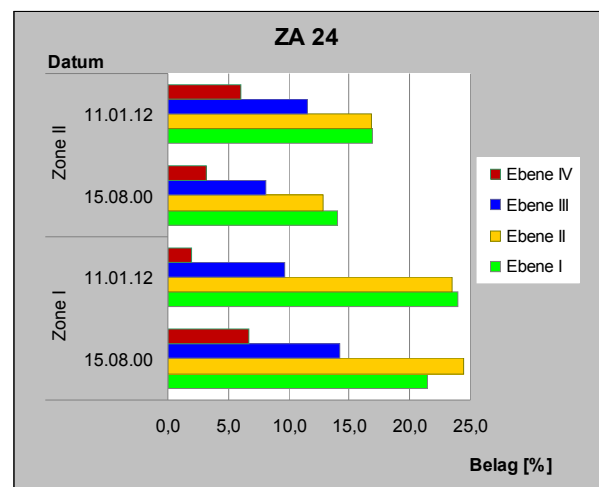
**Abb. 125:** Penetrationsindexe aller getesteten Sprühgeräte. Rinklin Serie und die Wanner ZA Gebläseserie wurde bei steigender Zapfwelldrehzahl analysiert. Bei SMS und RMS sind die linke und rechte Gebläseseite und der Mittelwert beider Gebläseseiten (MW: l/r) separat dargestellt.

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit von Penetrationsversuchen werden abschließend die Ergebnisse aus zeitlich versetzten Versuchswiederholungen verglichen. Das ZA 28 zeigte im Abstand von vier Wochen zwischen zwei Versuchsreihen das gleiche Penetrationsverhalten (Abb. 126).

Auch bei der Betrachtung der Ergebnisse von BÄCKER und STRUCK (2002) vom 15.08.2000 (Abb. 127) sind die Parallelen zu den im Jahr 2012 getätigten Versuchen deutlich zu erkennen. Und dies, obwohl BÄCKER bei seinen Versuchen das ZA 24 mit Hohlkegeldüsen statt Injektordüsen ausstattete, fünf statt sechs Düsen einbaute und einen höheren Arbeitsdruck wählte.



**Abb. 126:** Penetrationsverhalten von ZA 28 mit einer Differenz der Messtermine von vier Wochen (Termin 1: 24.01.2012, Termin 2: 22.02.2012).



**Abb. 127:** Penetrationsverhalten von ZA 24 mit einer Differenz der Messtermine von zwölf Jahren (Termin 1: 15.08.2000, Termin 2: 11.01.2012).

### Zusammenfassung Kap 6.6

- Die Reproduzierbarkeit der Messmethode des Penetrationsverhaltens konnte nachgewiesen werden.
- Insgesamt besteht bei Rinklin und ZA 24 ein ähnliches Penetrationsverhalten. Bei den Rinklinvarianten kann mit p-Werten von 0,657 bis 0,849 von fast identischer Laubdurchdringung ausgegangen werden (vgl. Tab. A14). Bei allen Rinklingeräten wird die untere Laubwandhälfte stärker durchdrungen.
- RMS besitzt das höchste Penetrationsvermögen. Die hinterste Laubebene wird vom Nachweisstoff ähnlich gut erreicht wie bei allen Rinklinvarianten.
- Das SMS besitzt das geringste Penetrationsvermögen.
- SMS und RMS penetrieren die Laubwandteilbreiten unterschiedlich stark.

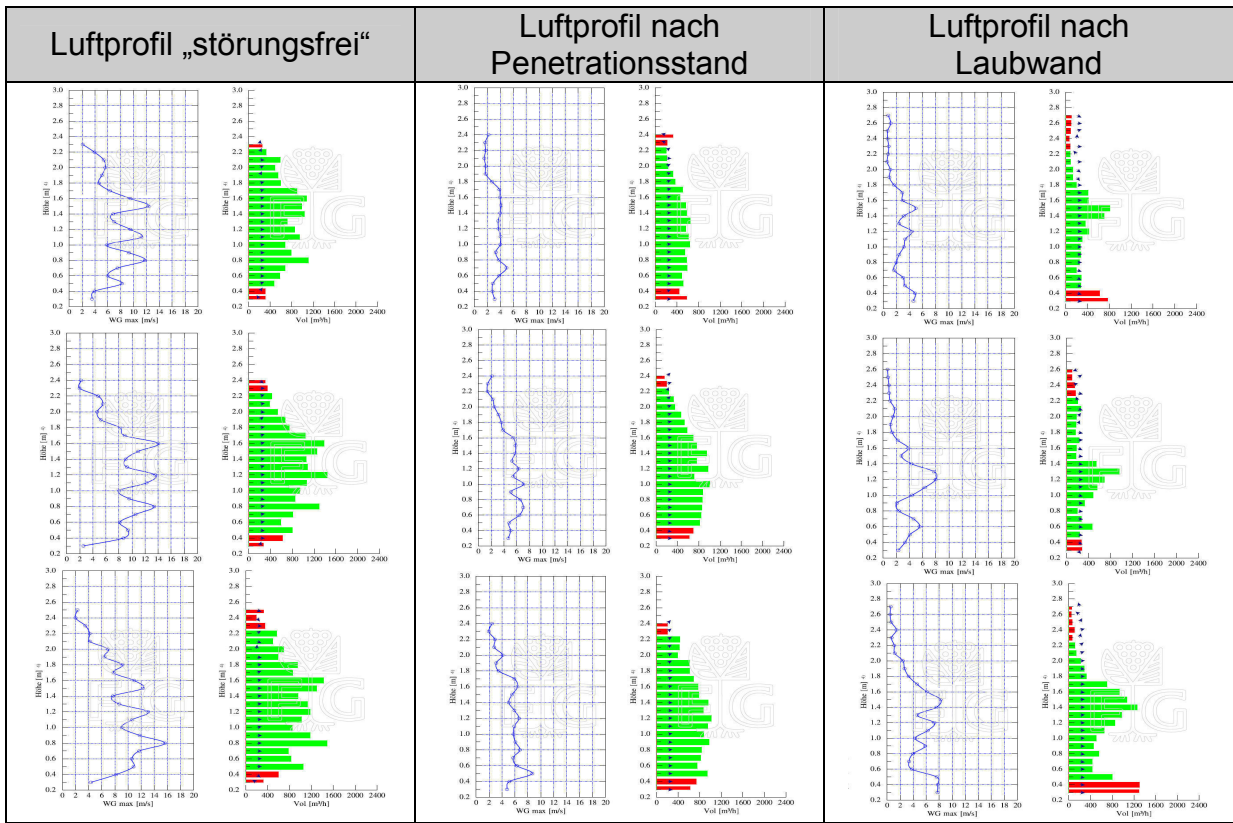
## 6.7 Luftstromprofil nach Penetration

Um Aufschluss über das Verhalten des Restluftstromes nach der Passage des Zielobjektes zu gewinnen, wurden die Veränderungen des Luftstromprofils nach Durchdringung eines künstlichen Zielobjektes, dem Penetrationsmessstand, und eines natürlichen Zielobjektes, der Laubwand, verglichen und auf Parallelitäten geprüft. Diese Messreihe sollte vor allem auch einen methodischen Beitrag zur Optimierung künftiger Vorgehensweisen leisten. Sollte der Messstand ein ähnliches Penetrationsverhalten wie eine natürliche Laubwand aufweisen, könnten so auch die Ergebnisse in Kap 6.6 verifiziert oder falsifiziert werden. Als entscheidendes Vergleichsmerkmal wurde die mittlere Windgeschwindigkeit je Messhöhe herangezogen.

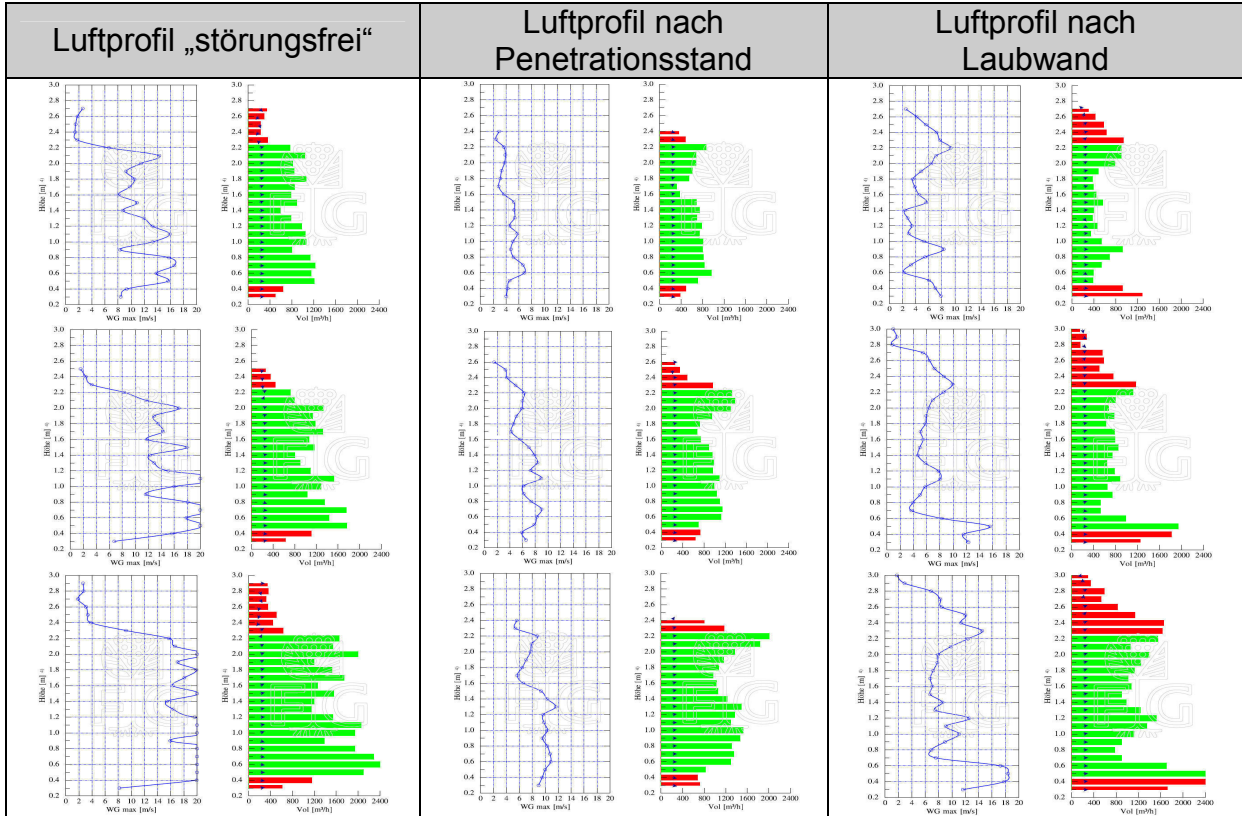
Aus Zeitgründen beschränkten sich diese Versuche auf die Geräte der Rinklin Serie und ZA 28. Für die Steilhangreferenzgeräte und das Standardgerät ZA 24 liegen keine Ergebnisse an der Laubwand vor, die Luftprofile nach Penetration durch den Messstand können jedoch im Anhang dieser Arbeit eingesehen werden (Abb. A1 und A2).

Abb. 128 und 129 zeigen die unterschiedlichen Ausprägungen des Luftstromprofils bei verschiedenen Drehzahlstaffelungen beider Sprühgeräte ohne und mit Penetrationskörper. Die Luftstromprofile nach Laubwanddurchdringung werden von verschiedenen Stellen der Laubwand abgebildet, um hier mögliche Varianzen aufzeigen zu können. Die Luftprofile nach Messstand zeichnen sich durch eine bessere Gleichmäßigkeit der Windgeschwindigkeit und des Luftvolumens gegenüber der Laubwanddurchdringung aus. Jedoch ist die optische Ähnlichkeit beider Messmethoden in allen Geräteeinstellungen deutlich zu erkennen.

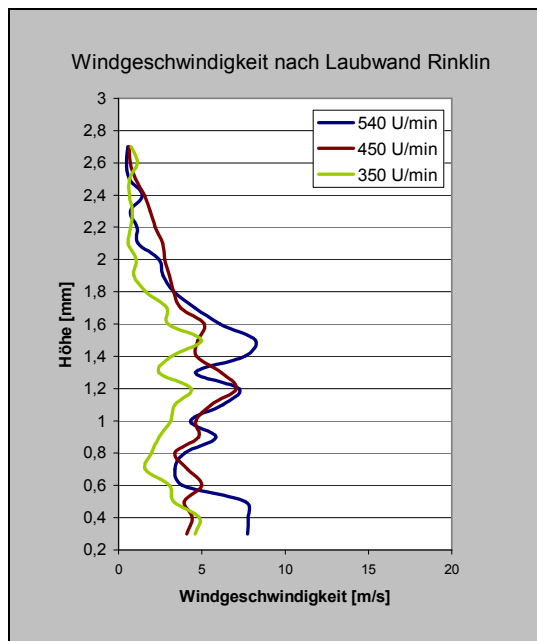
Die Peaks im unteren Bereich der Profile „nach Laubwand“ verdeutlichen den ungehinderten Luftaustritt zu Beginn der Laubwand, woraus in der Folge besonders bei der zweiten Gebläsestufe Wirkstoffverluste und Bodenkontaminationen resultieren können.



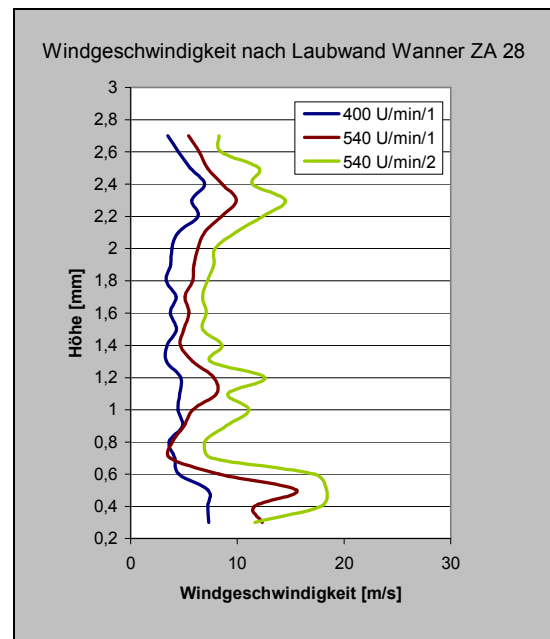
**Abb. 128:** Luftprofile Rinklin ohne Durchdringungswiderstand („störungsfrei“) und nach Penetration durch künstliche oder natürliche Hindernisse. Oben 350 min<sup>-1</sup>, Mitte 450 min<sup>-1</sup>, unten 540 min<sup>-1</sup>.



**Abb. 129:** Luftprofile ZA28 ohne Durchdringungswiderstand („störungsfrei“) und nach Penetration durch künstliche oder natürliche Hindernisse. Zapfwellendrehzahl: Oben 450 min<sup>-1</sup>; Gebläsestufe 1, Mitte 540 min<sup>-1</sup>; Gebläsestufe 1, unten 540 min<sup>-1</sup>; Gebläsestufe 2.



**Abb. 130:** Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit nach Durchdringung der Laubwand mit unterschiedlichen Drehzahlen bei Rinklin Serie.



**Abb. 131:** Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit nach Durchdringung der Laubwand mit unterschiedlichen Drehzahlen und Gebläseschaltstufen (Stufe 1 oder Stufe 2) bei ZA 28.

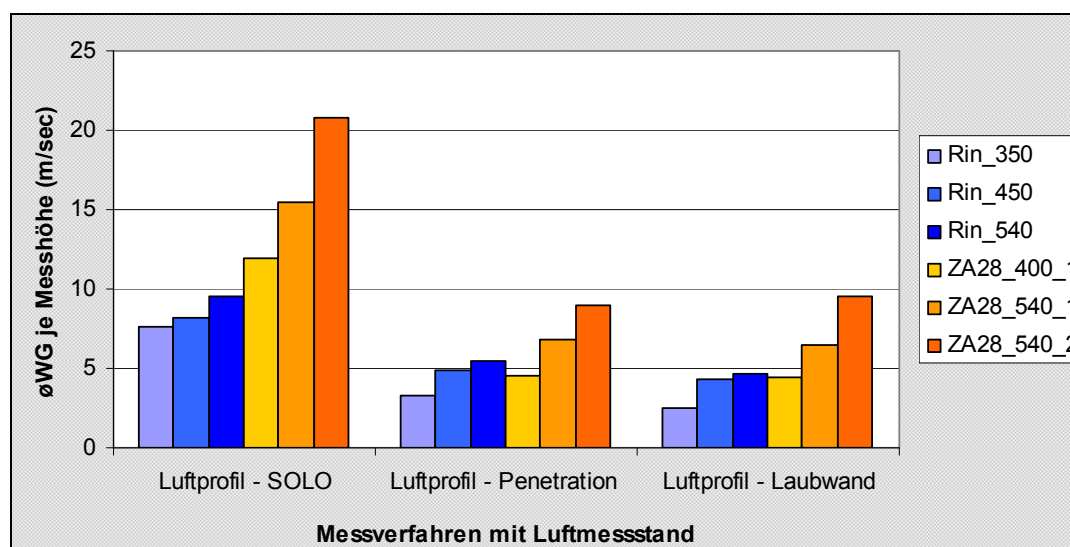
In Abb. 130 und 131 ist die WG jeder Messposition nach Laubwanddurchdringung der beiden Sprühgeräte bei variierender Drehzahl dargestellt. Differenzierte Drehzahlen zeigen einen weitestgehend parallelen Kurvenverlauf.

Die Parallelität des graphischen Verlaufs bestätigt die konstante Messmöglichkeit an natürlichem Zielobjekt, da dieses keinen technischen Schaden durch windverursachte Blattverletzungen bei Messwiederholungen zu nehmen scheint. Dennoch sollte stets mit der niedrigsten Gebläsedrehzahl begonnen werden.

Die Messwerte der Luftprofilerhebung sind in Tab. 12 ersichtlich. Bei einem Datenvergleich der prozentualen Abweichung der WG ohne und mit Penetration divergieren die Werte nach Messstand und nach Laubwand bei Rinklin lediglich um 7,0-10,5 %, ZA 28 erfährt eine Abweichung von nur 2-3 %. Als graphische Übersicht der ermittelten Werte dient Abb. 132, die eine Analogie beider Messverfahren bekräftigt.

**Tab. 12:** Bewertung unterschiedlicher Messverfahren der Luftstromprofile von Rinklin und ZA 28. In einem Datenvergleich wird die prozentuale Verminderung der Windgeschwindigkeit [WG] nach Durchdringung eines Zielobjektes im Vergleich zur WG des störungsfreien Luftstroms dargestellt.

Gerät		Einstellung		Messverfahren			Datenvergleich	
Typ	n	Gebälse	Luftprofil ohne Penetration	Luftprofil nach Penetrationsmessstand	Luftprofil nach Laubwandpenetration	WG-Verminderung vom ursprünglichen Luftprofil		
	[min <sup>-1</sup> ]	Stufe	Ø WG je Messhöhe [m s <sup>-1</sup> ]	Ø WG je Messhöhe [m s <sup>-1</sup> ]	Ø WG je Messhöhe [m s <sup>-1</sup> ]	Nach Pen: Abweichung [%]	Nach Laub: Abweichung [%]	
Rin_S	350		7,6	3,3	2,5	56,6	67,1	
Rin_S	450		8,2	4,9	4,3	40,2	47,6	
Rin_S	540		9,5	5,4	4,7	43,2	50,5	
ZA 28	400	1	11,9	4,6	4,4	61,3	63,0	
ZA 28	540	1	15,5	6,8	6,5	56,1	58,1	
ZA 28	540	2	20,8	9	9,6	56,7	53,8	



**Abb. 132:** Durchschnittliche Windgeschwindigkeit (WG) von Rinklin und ZA 28 bei unterschiedlichen Zapfwellendrehzahlen und Gebläsestufen anhand verschiedener Messverfahren: Als störungsfreier Luftstrom (SOLO) und nach Durchdringung eines Messstandes (Penetration) oder einer Laubwand.

### Zusammenfassung Kap. 6.7

- Anhand der vorliegenden Versuchsergebnisse ist der Penetrationsmessstand gut geeignet, um ein statisches Distanzobjekt darzustellen, das ähnliche Durchdringungseigenschaften wie die Laubwand besitzt, jedoch gegenüber der inhomogenen natürlichen Blattstruktur reproduzierbare Ergebnisse liefert.

## Restluftgeschwindigkeiten

Restluftgeschwindigkeiten von  $5 \text{ m s}^{-1}$  werden in dieser Arbeit als Richtwert für die maximale Luftgeschwindigkeit nach Durchdringung eines statischen Körpers oder einer variierenden Laubwand definiert. Restluftmengen, die diesen Wert signifikant übersteigen, werden als ungünstig angesehen und fördern möglicherweise den Wirkstoffaustrag aus der Kultur heraus in die Umgebung. Wie in Tab. 13 ersichtlich, übersteigen G24 und ZA 28 bei hoher Drehzahl und Verwendung der Gebläsestufe 2 deutlich diesen Richtwert (rot hinterlegt), Rinklin und ZA 24 unterliegen bei erhöhter Drehzahl lediglich einer schwachen Grenzwertüberschreitung (blass rote Färbung).

In der dritten Tabellenspalte sind die nutzbaren Luftvolumina nach Durchdringung des Penetrationsmessstands aufgeführt. Diese weichen in unterschiedlichem Ausmaß von den Volumina der Messungen bei freiem Luftstrom („ohne Pen.“) ab. Generell kann festgestellt werden, dass sich das Luftvolumen nach Penetration vermindert. Bei ZA 24 und RMS bilden sich die höchsten Differenzwerte mit einem Luftmengenverlust von  $7.082\text{-}9.400 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Die Messwerte von SMS und ZA 28 bei zweiter Gebläsestufe vermindern sich um  $6.500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Die geringsten Verluste verzeichnen die Rinklinvarianten und das ZA 28 bei niedriger Zapfwelldrehzahl, nämlich ca.  $3.500$  bis  $4.900 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

**Tab. 13:** Mittlere Windgeschwindigkeiten (WG) und Luftvolumina aller Sprühgerätevarianten nach Messstandpenetration (nach Pen.) und die Vergleichswerte des Luftvolumens ohne durchströmten Körper (ohne Pen.).

Gerät und Einstellung [min <sup>-1</sup> / Stufe]	ØWG je Messhöhe [m s <sup>-1</sup> ]	Luftvolumen nach Pen. [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Luftvolumen ohne Pen. [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]
ZA24_540/1	4,8	11.425	20.825
ZA24_400/1	3,3	8.530	n.v.
ZA24_540/2	5,8	15.714	24.967
SMS_n_max	2,8	7.127	13.630
Rin_350	3,3	8.591	13.397
Rin_450	4,9	12.598	16.310
Rin_540	5,4	13.663	17.328
RMS_n:max	8	19.121	26.203
ZA 28_540	6,8	18.014	21.602
ZA 28_400	4,6	12.647	17.029
ZA 28_540/2	9	23.631	30.514

## 6.8 Sedimentative Abdrift

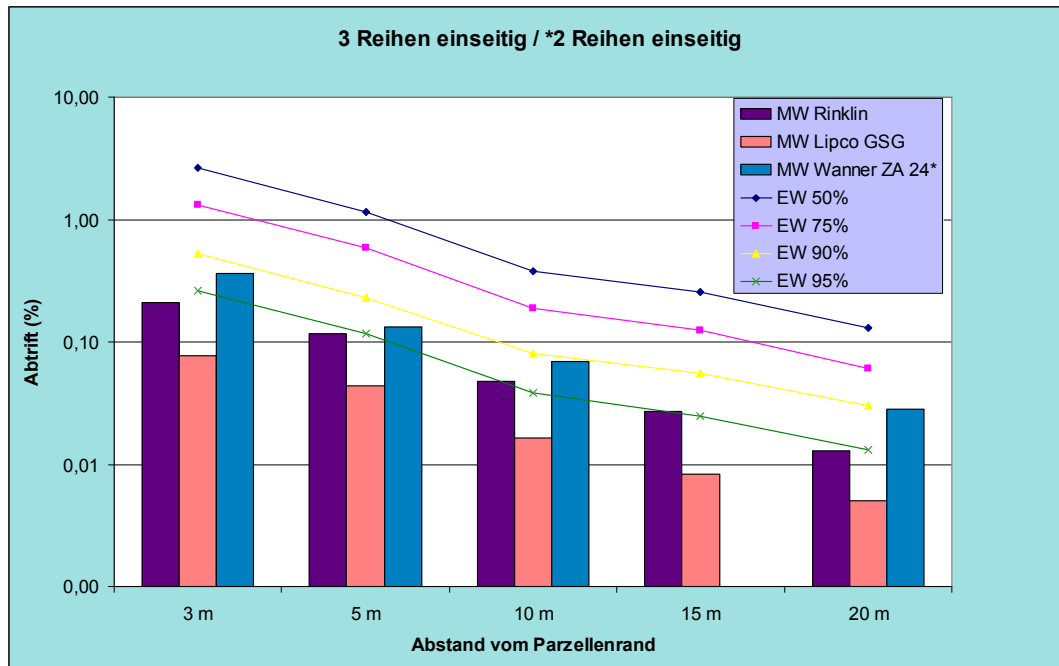
Abb. 133 und 134 zeigen das Abdriftverhalten der Sprühgebläse Rinklin Serie und Lipco GSG bei der einseitigen Behandlung einer bzw. dreier Randzeilen. Die aus der Literatur übernommenen Abdriftmessungen des Axialgerätes SZA 24 sind vergleichsweise ebenfalls Abb. 133 zu entnehmen. Die dargelegten Messwerte des Wanner SZA 24 (blaue Balken) entstammen dem ATW-Bericht 122 aus dem Jahr 2002 (BÄCKER & STRUCK, 2002).

Das Rinklingerät qualifiziert sich bei einseitiger Behandlung der äußersten Rebzeile als 90 % abdriftmindernd. Der Perzentilwert in 10 m Entfernung zur Behandlungsfläche liegt geringfügig über dem Eckwert für diese Abdriftminderungsklasse, was zu vernachlässigen ist. Bei der einseitigen Behandlung der ersten drei Zeilen ist sogar eine Einstufung der Verlustminderung in die 95 %-Kategorie möglich, wenn auch hier der geringen Abweichung in 10 m Entfernung zum Sprühgerät keine Bedeutung beigemessen wird.

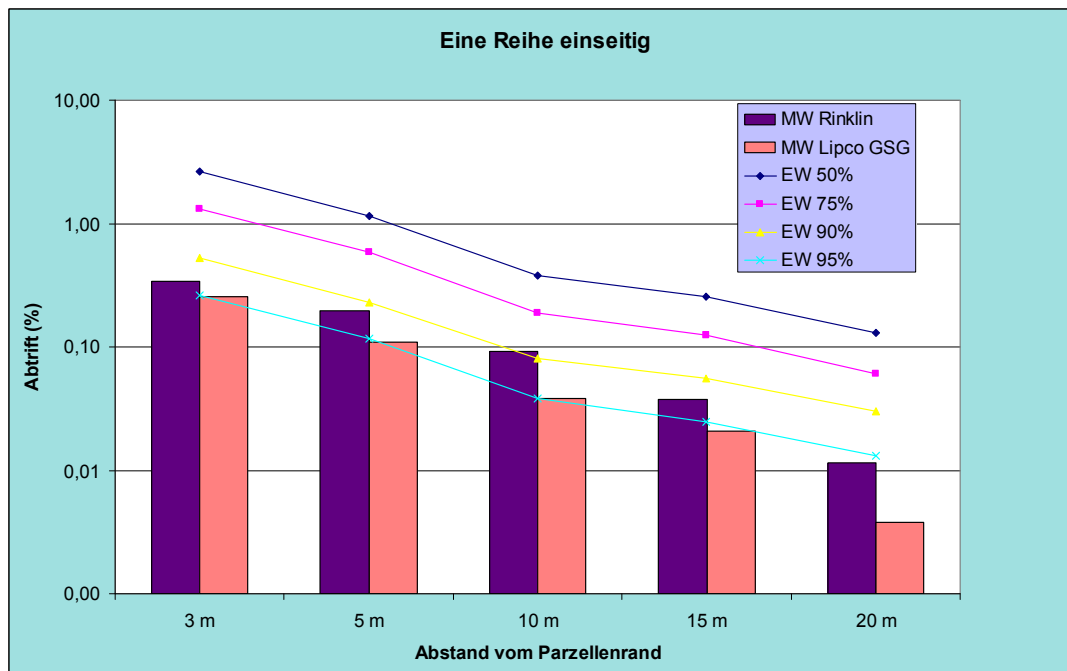
Das Tangentialgerät der GSG-Baureihe fällt bei 3-reihiger Einzelzeilenbehandlung deutlich unter die Eckwerte (EW) der 95 % Abdriftminderung. Bei einseitiger Behandlung der Außenzeile sind Eckwerte und Messwerte annähernd deckungsgleich und der Abstand in 20 m Entfernung wird der EW wiederum deutlich vom Messwert unterschritten. Das Besprühen einer Reihe nach innen wird somit ebenfalls der 95 %-Kategorie zugeordnet.

Das Sprühgerät ZA 24 ist bereits in die offizielle Liste für verlustmindernde Geräte im Weinbau eingetragen. Wenn eine Reihe nach innen gesprüht wird und Injektordüsen verwendet werden, ist die 90 % Abdriftminderungsklasse erreicht (DLR-OPPENHEIM, 2012).

Exemplarisch ist eine beispielhafte Wetteraufzeichnung der Rinklinversuchsreihe dem Anhang (Abb. A3) beigefügt, um das Einhalten der vorgeschriebenen Rahmenbedingungen für Abdriftmessungen (vgl. Kap. 4.5.10) zu konstatieren.



**Abb. 133:** Abdrifteckwerte (EW) im Vergleich zu Messwerten (MW) der Sprühgeräte Rinklin Serie, Lipco GSG und Wanner ZA 24 bei 3-reihiger bzw. 2-reihiger einseitiger Behandlung der Außenzeilen.



**Abb. 134:** Abdrifteckwerte (EW) im Vergleich zu Messwerten (MW) der Sprühgeräte Rinklin Serie und Lipco GSG bei 1-reihiger einseitiger Behandlung der Außenzeile.

## 7 Ergebnisse der Pflanzenschutzumfrage

Nach der eingehenden Untersuchung der Applikationskenngrößen des neuartigen Sprühgebläses wurden Weinbauunternehmen online befragt, um die Praxisansprüche für den zukünftigen Pflanzenschutz im Steilhang besser formulieren zu können. Zunächst wird in den Kapiteln 7.1 und 7.2 die Güte der vorliegenden Umfrage und die Stichprobenrepräsentativität bewertet, um dann in Kap. 7.3 die Prüfung der Eingangsthesen vorzunehmen.

### 7.1 Feldzeitbericht

Die formale Charakterisierung der Datenerhebung erfolgt im obligatorischen Feldzeitbericht. Eine tabellarische Darstellung bietet sich zwecks Übersichtlichkeit an.

**Tab. 14:** Feldzeitbericht der Praxisumfrage „Pflanzenschutzstrategien im Weinbau“.

<b>Merkmal</b>	<b>Definition und Ausprägung</b>
Erhebungsgegenstand	Pflanzenschutzstrategien im Weinbau
Erhebungsart	Primärerhebung
Durchführende Hochschule	Hochschule Geisenheim
Verantwortliches Institut	Technik (Leiter: Prof. Dr. Schwarz)
Autorin der Umfrage	Eva Vollmer
Datenerhebungsinstrument	Standardisierter Online-Fragebogen
Datenerhebungsprogramm	Easy Feedback ( <a href="http://www.easy-feedback.de">www.easy-feedback.de</a> )
Untersuchungszeitraum	09.11.2011 bis 08.02.2012
Zielgruppe der Erhebung	Deutsche Weinbaubetriebe
Verteilungsorgane	Verbände der Deutschen Weinwirtschaft
Teilnehmeranzahl gesamt	2155 Personen
Abgebrochen	1076 (49,9 %)
Bis zum Ende teilgenommen	1079 (50,1 %)
Anzahl der verwendeten Fragebögen	n = 1079
Anzahl der Items (Fragen)	45 Fragen
Fragearten	offen und geschlossen
Durchschnittliche Teilnahmezeit	23 Minuten und 33 Sekunden
Methode der Datenanalyse	IBM SPSS® 20 (Advanced Edition)

Die besondere Güte der Teilnehmeraktivität kann anhand der sehr guten Beendigungsquote von 50 % gemessen werden. Die herkömmliche Beendigungsquote bei Online-Umfragen liegt zwischen 10 und 20 % (vgl. Kap. 3). Die hohe durchschnittliche Teilnahmezeit von über 20 Minuten deutet die Komplexität der Fragestellung und das große Interesse der Probanden an dem Themenkomplex „Pflanzenschutzstrategien“ an.

## 7.2 Güte der Stichprobe

In diesem Kapitel erfolgt die Überprüfung, ob sich die in der Umfrage ermittelten Aussagen der teilnehmenden Weinbauunternehmer (Stichprobe) auch auf die deutschen Weinbaubetriebe (Grundgesamtheit) übertragen lassen. ATTESLANDER schlägt vor, dies anhand des Vergleiches der statistischen Messzahlen (hier Häufigkeiten und Mittelwerte) der Stichprobe gegenüber der Grundgesamtheit anhand ausgewählter Untersuchungskriterien zu vollziehen (ATTESLANDER, 2008). Diese Überprüfung dient der Klärung der Frage, ob die Untersuchungen einen hohen erforderlichen Repräsentationsgrad besitzen. Als Vergleichskriterium wird in dieser Arbeit die spezifische Herkunft der Teilnehmer herangezogen.

In Deutschland bewirtschafteten im Jahr 2009 rund 25.000 landwirtschaftliche Betriebe Rebflächen (DWI, 2012). Sie bilden die Grundgesamtheit. Bei 1.079 Umfrageteilnehmern besteht die Stichprobe der Erhebung folglich aus 4,3 % der Grundgesamtheit.

### **Stichprobenrepräsentativität anhand deutscher Anbaugebiete**

Im Jahr 2010 wurde in Deutschland eine Landwirtschaftszählung durchgeführt. Diese im Agrarstatistikgesetz angeordnete Großzählung findet ca. alle zehn Jahre statt.

Beim deutschlandweiten Datenvergleich der Stichprobe mit der Realität werden bei zehn Anbaugebieten lediglich prozentuale Abweichungen bis maximal 4,5 % festgestellt (vgl. Tab. 15). Baden und Württemberg sind merklich unterrepräsentiert, was womöglich mit der Erreichbarkeit der Betriebe zusammenhängt. Die hohe Zahl der Einzelbetriebe minimiert die Chancen diese elektronisch zu kontaktieren. Dort sind deutschlandweit die meisten Nebenerwerbsbetriebe zu finden, die vermutlich keinem Mailverteiler angeschlossen sind. Die Überbeteiligung in Rheinhessen wird im Zusammenhang rheinland-pfälzischer Betriebe erläutert.

**Tab. 15:** Herkunftsverteilung für deutsche Weinbaubetriebe. Darstellung der statistisch erhobenen Daten („Bund“) mit Bezug auf die amtlich erfassten landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland, die im Jahr 2010 Rebflächen bewirtschafteten (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2011) im Vergleich zu den spezifischen Herkunftsangaben der Umfrageteilnehmer. Die Differenz zwischen amtlich erfassten und eigens erhobenen Daten ist als Abweichung [%] angegeben.

Anbaugesbiet	Anzahl Betriebe Bund	Anzahl Betriebe Umfrage	Bund [%]	Umfrage [%]	Abweichung [%]
Ahr	175	17	0,9	1,58	+0,7
Baden	4839	92	23,9	8,53	<b>-15,4</b>
Franken	1834	73	9,1	6,77	-2,3
Bergstraße	77	28	0,4	2,59	+2,2
Mittelrhein	153	21	0,8	1,95	+1,2
Mosel	2691	190	13,3	17,61	+4,3
Nahe	579	47	2,9	4,36	+1,5
Pfalz	2941	126	14,6	11,68	-2,9
Rheingau	422	71	2,1	6,58	+4,5
Rheinhessen	2865	293	14,2	27,2	<b>+13,0</b>
Sachsen	80	8	0,4	0,74	+0,3
Saale-Unstrut	94	7	0,5	0,65	+0,2
Württemberg	3458	101	17,1	9,36	<b>-7,8</b>
Gesamt	20.208	1075	100,0	99,63*	

\* Der prozentuale Gesamtwert der Betriebe unterschreitet 100 %, da 0,4 % der befragten Probanden keine Angaben zum Anbaugesbiet gemacht haben (5 Teilnehmer).

### Stichprobenrepräsentativität anhand rheinland-pfälzischer Anbaugesbiete

Der größte Anteil der Steillagenbetriebe in Deutschland ist in Rheinland-Pfalz zu finden (DWI, 2012). Das Bundesland Rheinland-Pfalz verfügt mit 64.000 ha Rebkultur über die größte Anbaufläche für Wein in Deutschland (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2011). Es vereint sechs von insgesamt 13 deutschen Weinanbaugesbieten. Dort werden ca. zwei Drittel der deutschen Weinmosternte erzeugt. Hier liegen von allen Weinanbaugesbieten die präzisesten und aktuellsten Zahlen aus der landesinternen Weinbauerhebung vor. Die separate Filterung der Häufigkeiten und prozentualen Anteile der Probanden dieser sechs Weinanbaugesbiete aus den Umfragedaten kann mit den in den Jahren 2010/2011 amtlich erhobenen Daten aller Weinbaubetriebe aus diesen Anbaugesbieten tabellarisch verglichen werden (Tab. 16).

Die Anbauggebiete Ahr, Mittelrhein, Mosel und Nahe verhalten sich mit maximalen Abweichungen von einem Prozent annähernd deckungsgleich.

Auffällig sind die leicht erhöhten prozentualen Abweichungen in den Anbaugebieten Pfalz und Rheinhessen (Tab. 16). Rheinhessen weist eine „Überbeteiligung“ von 11,6 % auf. Dies könnte beispielsweise durch den hohen Anteil junger Betriebsleiter in dieser Region mit reger Internetnutzung zu erklären sein. Zum Zeitpunkt der Umfrageveröffentlichung im Weinanbaugebiet Pfalz kam es hingegen zum zweitägigen Stillstand der Erhebung, verursacht durch technische Probleme. Dieser Computerfehler hat dazu geführt, dass der Link zur Umfrage nicht genutzt werden konnte. Folglich kam es zum Verlust der ersten potentiellen Teilnehmer, was zum „Datenverlust“ von 13 % in der Zeile „Anbaugebiet Pfalz“ führte. Durch die tägliche Überwachung des Feldberichtes konnte der Fehler zügig behoben werden.

**Tab. 16:** Anzahl der Weinbaubetriebe der rheinland-pfälzischen Weinanbaugebiete aus amtlicher Erhebung (Statistisches Bundesamt RLP, 2011), verglichen mit der Gebietszugehörigkeit der Umfrageteilnehmer aus Rheinland-Pfalz.

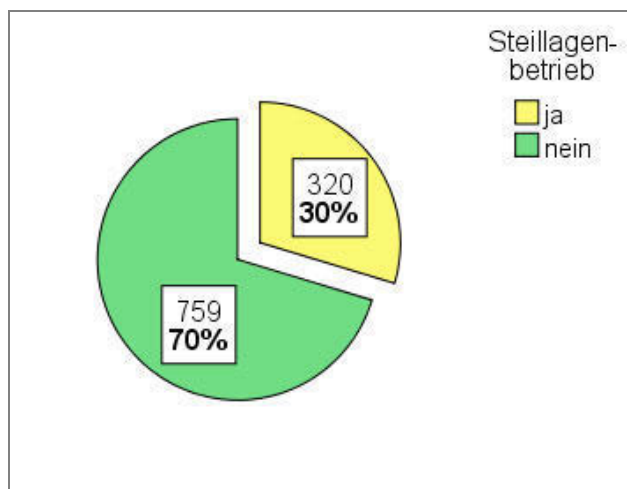
Anbaugebiet	Umfrage Häufigkeit	Umfrage [%]	Erhebung RLP [%]
Ahr	17	2,4	2,0
Mittelrhein	21	3,0	2,0
Mosel	190	27,2	28,0
Nahe	47	6,7	6,0
Pfalz	126	18,0	31,0
Rheinhessen	298	42,6	31,0
Gesamt	699	100,0	100,0

### Zusammenfassung Kap 7.1 und 7.2

- Die getätigte Pflanzenschutzumfrage ist nachweislich repräsentativ.

### 7.3 Prüfung der Eingangsthesen

Im Folgenden kommt es zur Klärung in den Eingangsfragen und aufgestellten Thesen aus Kap. 5.1. Die Strukturierung der Teilnehmer nach Direktzug- und Steillagenbetrieben gliederte sich wie in Abb. 135 dargestellt. Für eine gesonderte Betrachtung der Antworten der Steillagenbetriebe wurden beim SPSS®-Programm mit einer Datenbearbeitungsfunktion diejenigen Fälle ausgewählt, welche bei dem Steillagenfilter-Item die Bewirtschaftung von Steiflächen (Definition größer 40 % Steigung) bejahten.



**Abb. 135:** Verteilung der Direktzugbetriebe gegenüber den Steillagenbetrieben bezogen auf die Pflanzenschutzumfrage.

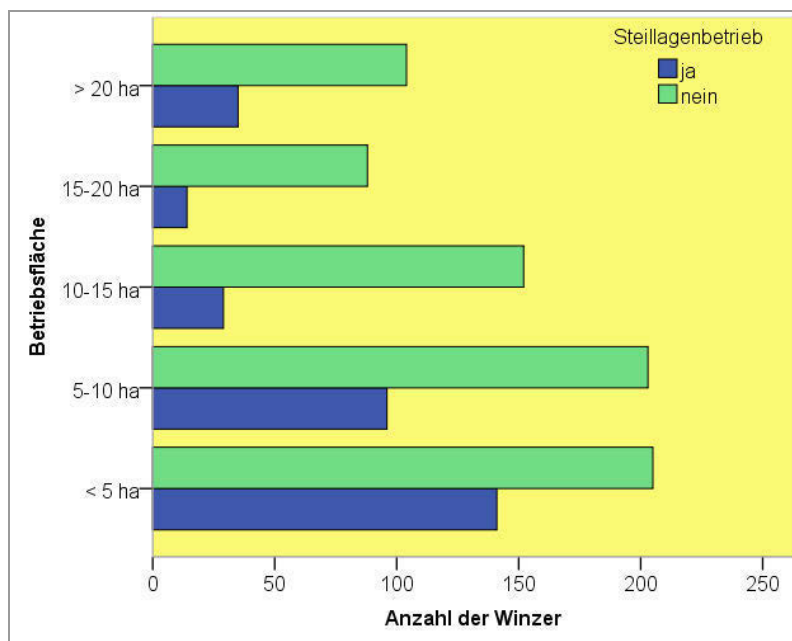
#### Lokalisierung der Teilnehmer und Angaben zur Betriebsgröße

Eine vollständige Darstellung der Anbaugebietszugehörigkeit von insgesamt 320 teilnehmenden Steillagenbetrieben befindet sich im Anhang dieser Arbeit (Tab. A6). Ab einer Teilnehmerstärke von 15 Betrieben je Anbaugebiet wurde von einer nennenswerten Probandenanzahl ausgegangen, die bei der Ergebnisbildung einen relevanten Einfluss auf die Antwortausprägung nahmen.

Bei der Betrachtung der Häufigkeit dominiert das Anbaugebiet Mosel mit 141 Teilnehmern, was einem Anteil von 44 % aller Steillagenbetriebe entspricht. Es folgen Württemberg mit 57 Probanden, dann Franken, Mittelrhein, Baden, Rheingau und Ahr. Die Eingangsthese des häufigsten Steillagenaufkommens an der Mosel bestätigt sich somit. Insgesamt 74 % der Winzer im Anbaugebiet Mosel geben an, Steillagenflächen zu bewirtschaften. Ahr und Mittelrhein verfügen gebietsintern über das höchste Aufkommen von Steillagen, nämlich zu 100 % und 88,2 %.

Abb. 136 zeigt die separaten Betriebsgrößenkategorien bei Direktzug- und Steilhangwinzern. Auf 15 ha und mehr Rebfläche in der Kategorie „Großbetrieb“ wirtschaften ca. 25,5 % aller Direktzugwinzer, im Steilhang sind es 15,5 %. Im Steilhang bewirtschaften 44,8 % aller Probanden weniger als 5 ha, im Direktzug gehören 27,2 % zu der Kategorie der „Kleinbetriebe“.

In einer anderen Betrachtungsweise bewirtschaften 75 % der Betriebe eine Fläche bis 10 ha in Hanglagen, nur 25 % übersteigen diese Betriebsgröße. 54 % der Direktzugbetriebe wirtschaften bis 10 ha, 46 % liegen darüber. Es kann bestätigt werden, dass Steillagenwinzer eine durchschnittlich geringere Weinbaufläche bewirtschaften, es aber auch offensichtlich möglich ist, im Steilhang 15 oder sogar 20 ha Rebfläche zu bewirtschaften.

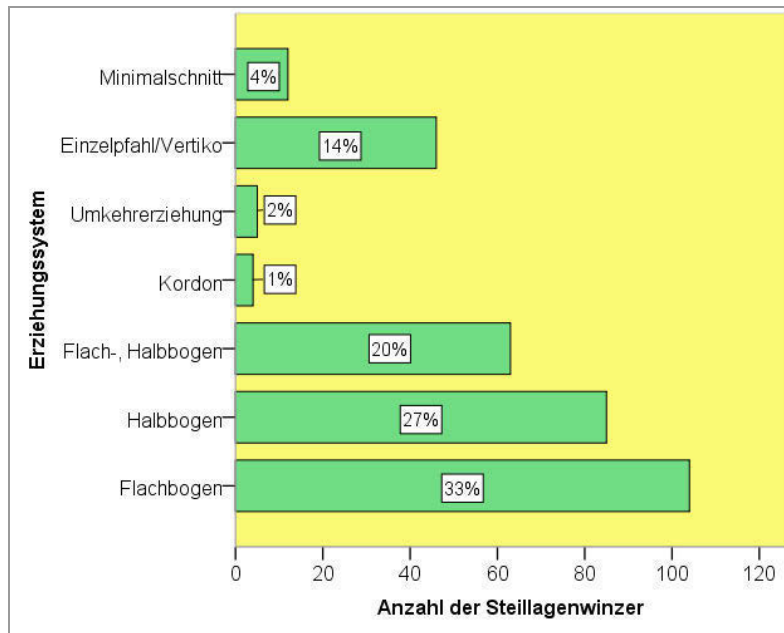


**Abb. 136:** Betriebsflächengrößen in Abhängigkeit von Direktzug- oder Steilhangbewirtschaftung.

### Flächencharakteristik und Anlagengeometrie

Die Art der Reberziehung und die daraus folgende Zeilenbreite wirken sich auf die Mechanisierbarkeit aus.

Von 320 befragten Betrieben wenden nur 46 die traditionelle Einzelpfahlerziehung an (Abb. 137). Für die Nutzbarkeit eines modernen Steillagenmechanisierungssystems bedeutet dies ein potentieller Anteil an Bearbeitungsflächen von ca. 85 % der betrachteten Teilmenge.



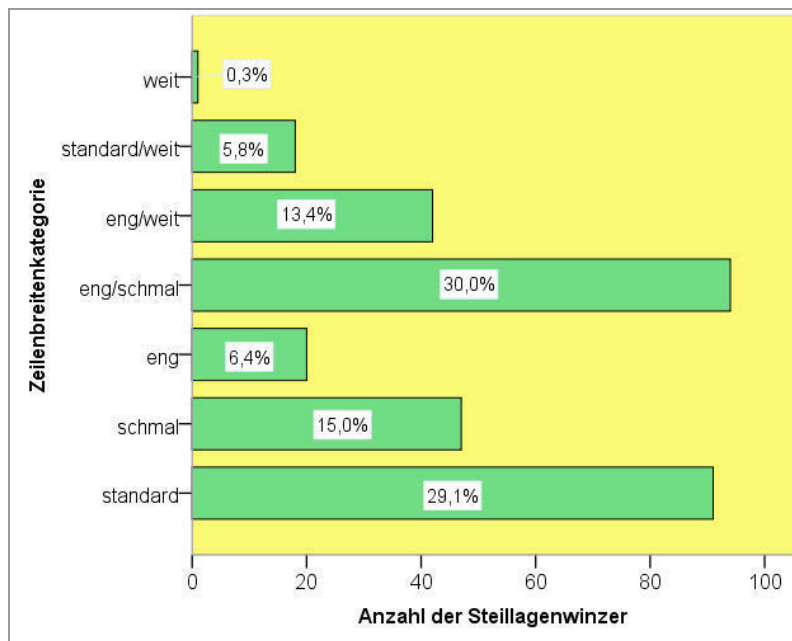
**Abb. 137:** Erziehungssysteme in Weinbausteillagen.

Abb. 137 zeigt weiterhin, dass einige Betriebsleiter vereinzelt auch im Steilhang moderne Erziehungsmethoden extensiver Art anwenden.

Durch die Abfrage der Reihenbreite können für den Steilhang Aussagen über den Grad der Befahrbarkeit mit modernen Mechanisierungssystemen getroffen werden. Nur in Anlagen der Kategorie „enge Fahrgassen“ (siehe Tab. 17) scheidet die Befahrbarkeit durch den StGT definitiv aus. Nach Abb. 138 liegen 6,4 % der Flächen in dieser Kategorie, bei weiteren 43,4 % der Flächen können nicht alle Flächen befahren werden, da die Betriebe keine einheitlichen Zeilenbreiten bewirtschaften. Für 50,2 % der Flächen besteht somit eine potentielle Befahrbarkeit. Diese Angaben bestätigen allerdings nicht eine grundsätzliche Bewirtschaftung der Anlagen durch den StGT, da unter anderem weitere Parameter wie Vorgewende und Seitenhang hinzugezogen werden müssen. Dennoch sind grundsätzliche Ansätze von einer Standardisierung durch Umstrukturierung der Anlagen im Steilhang erkennbar und dies widerlegt die These, dass in den wenigsten Betrieben eine moderne Mechanisierung möglich ist.

**Tab. 17:** Ordnungssystem für die Zeilenbreiten der Steillagenweinberge, die bei der Umfrageauswertung in Zeilenbreitenkategorien zusammengefasst wurden.

Zeilenkategorie	„standard“	„schmal“	„eng“	„weit“
Zeilenbreitenausmaß	1,70-2,30 m	1,60-2,10 m	< 1,60 m	> 2,50m



**Abb. 138:** Ausprägung der Zeilenbreite in Steillagenbetrieben.  
Die Zeilenbreitenkategorien sind in Tabelle 17 als Maße [m] dargestellt.

### Ökologische Wirtschaftsweise

In Deutschland unterliegen bei der Landwirtschaftszählung 2010 rund 5,5 % aller Betriebe mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen der ökologisch zertifizierten Wirtschaftsweise (DWI, 2012).

Die in der Umfrage erhobenen Daten weisen einen höheren Anteil ökologischer und biologisch-dynamischer Betriebe auf, diese sind somit, verglichen mit den allgemeinen statistischen Daten, stark überrepräsentiert. Die hohen Teilnehmerzahlen aus dem biologischen Bereich resultieren aus dem großen Mailverteiler des Ecovin Bundesverbandes mit 215 Mitgliedern und der getätigten offiziellen Mitteilung über die Rheinland-Pfälzische Ökoberatungsstelle, der 346 Betriebe angeschlossen sind (WAGENITZ, 2012).

In Steillagengebieten existiert eine stärkere Verbreitung von integrierten Pflanzenschutzstrategien (Abb. 139). Auch sind zeitlich aufwendigere ökologische und biodynamische Wirtschaftsweisen mit insgesamt 15 % der betrachteten Flächen überdurchschnittlich hoch vertreten. Interessant ist dieses Ergebnis im Vergleich zu Betrieben ohne Steillagenanteil. Dort werden 14,5 % mit ökologischer bzw. biodynamischer Wirtschaftsweise bearbeitet. Es wäre zu erwarten gewesen, dass die Zahl der Ökowinzer im Direktzug die Zahl der Ökowinzer in Steillagen deutlich übersteigt.

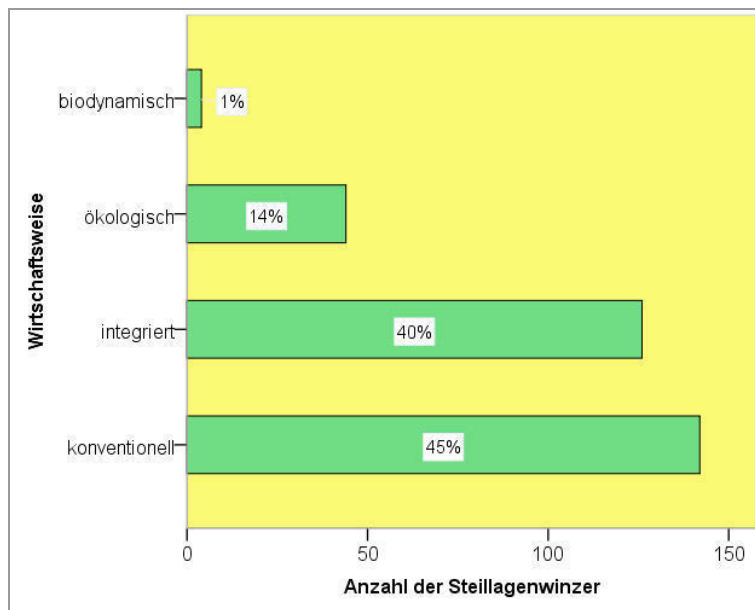


Abb. 139: Art der Wirtschaftsweise in Steillagenbetrieben.

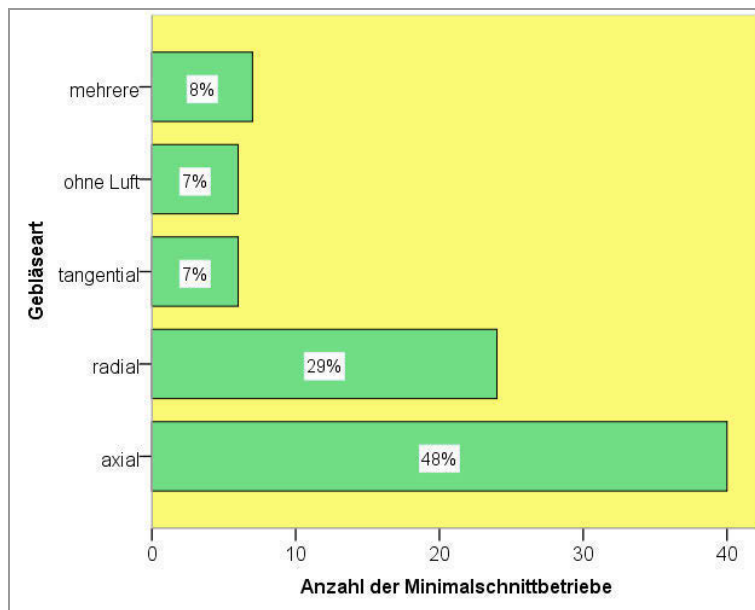
### Minimalschnitt: Gebläseart, Applikationsintervalle und Behandlungserfolg

In Kap 2.2.3 wurde erörtert, dass der Minimalschnitt mit 4 % im Steillagenweinbau noch deutlich unterrepräsentiert ist. Um eine höhere Fallzahl für die grundsätzlichen Pflanzenschutzstrategien des Minimalschnitts zu generieren, werden im Folgenden alle Minimalschnittbetriebe, unabhängig von der Hangneigung, betrachtet.

Die verwendeten Gebläsearten im Minimalschnitt sind zur Hälfte Axialgebläse, ca. ein Drittel fällt auf die radiale Bauweise und der Rest wird mit Tangentialgeräten, Geräten ohne Luftunterstützung und mehrfach genannten Gebläsearten durchgeführt (Abb. 140). Die These einer bevorzugt radialen Luftherzeugung zur besseren Durchdringung der Laubwand kann somit widerlegt werden.

Tab. 18 zeigt die Relation zwischen Gebläseart und Pilzbefall im Minimalschnitt. Die Probleme mit Peronosporainfektionen scheinen stärker ausgeprägt zu sein. 15 Winzer geben an, einen Oidiumbefall festgestellt zu haben, bei Peronospora sind es 33 Winzer, in deren Betrieben von 2006 bis 2011 akute Infektionen aufgetreten sind. In Tab 18 erfolgt keine annuelle Differenzierung der Weinjahre, sondern es werden Angaben über ein generelles Befallsaufkommen in dieser Zeitspanne erfasst.

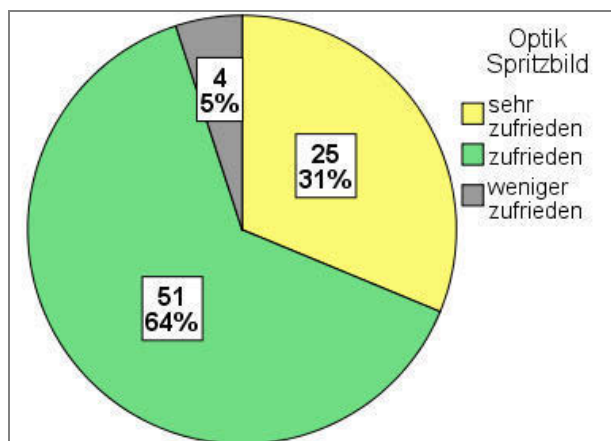
Die prozentuale Verteilung fällt zu Gunsten der Axial- und Tangentialgeräte aus. Bei Betrachtung des Peronosporapilzes lösen 50 % der Radialgeräte und der Geräte ohne Luftunterstützung eine Befallssituation aus, bei Axial- und Tangentialgeräten sind es nur 33-35 %. Die Ergebnisse zur tangentialen Luftherzeugung und der Geräte ohne Luftherzeugung gelten als wenig abgesichert, da die Fallzahl mit sechs Probanden zu niedrig ist.



**Abb. 140:** Gebläsearten, die von den Umfrageteilnehmern bei Minimalschnittbewirtschaftung eingesetzt werden (Direktzug und Seilzug).

**Tab. 18:** Auswirkung der Gebläseart auf Oidium- und Peronosporabefall bei Minimalschnitt.

Gebläseart	Oidiumbefall			Peronosporabefall		
	ja	nein	gesamt	ja	nein	gesamt
Axial	4	35	39	13	24	37
Radial	6	16	22	11	11	22
Tangential	1	5	6	2	4	6
ohne Luft	1	5	6	3	3	6
mehrere	3	4	7	4	3	7
<b>Gesamt n=</b>	15	65	80	33	45	78



**Abb. 141:** Blattbelagsbildung beim Pflanzenschutz in Minimalschnittanlagen anhand der subjektiven Betrachtung der befragten Weinbauunternehmer.

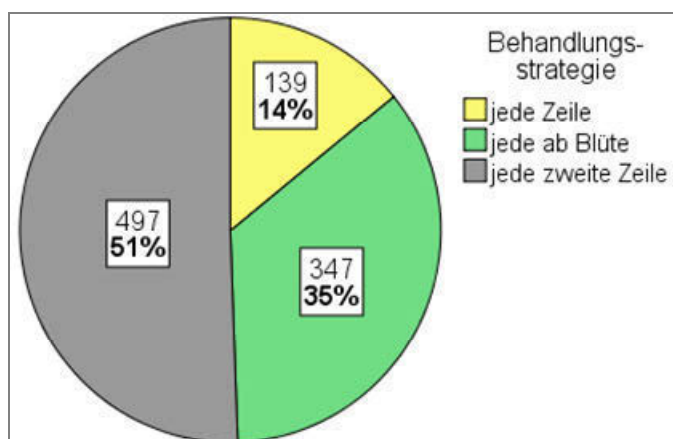
Anhand der subjektiven Beurteilung des Blattbelages in Minimalschnitlanlagen in Abb. 141 können keine Aussagen über negative Resultate einer bestimmten Gebläseart getroffen werden. Bei der Angabe „weniger zufrieden mit dem Spritzbild“ handelt es sich in der Aufschlüsselung um Vertreter aller Gebläsearten. Dies und die niedrige Fallzahl führen zu keinem deutlichen Ergebnis.

Im Minimalschnitt werden die Spritzabstände wie in anderen Erziehungssystemen mit weniger Blattmassen gehandhabt. 56,8 % der Probanden gaben Spritzintervalle von 11 bis 14 Tagen an, dies liegt dem Mittelwert aller Erziehungssysteme mit 60,4 % sehr nahe. Die aufgestellte Hypothese engerer Spritzabstände in Minimalschnitlanlagen konnte somit nicht verifiziert werden.

### Behandlungsstrategie: Düsen, einseitig/beidseitig und Zapfwelldrehzahl

Das Verwenden von Injektordüsen ist der Umfrage zur Folge nicht abhängig von der Geländeform. Steillagenbetriebe nutzen zu 66,3 % diese Düsenart, Direktzugbetriebe zu 65,3 %. Daraus entwickelt sich ein geländeunspezifisches Verhältnis von zwei Dritteln Injektoren zu einem Drittel Hohlkegeldüsen.

Die Hälfte aller befragten Betriebe aller Geländeformen befährt in der gesamten Pflanzenschutzsaison nur jede zweite Zeile, was nicht der guten fachlichen Praxis entspricht. Steilhangspezifisch zeigt sich in Relation zur Gesamtheit der Befragten ein identisches Bild dieser von Pflanzenschutzexperten kritisch beurteilten Behandlungsstrategie (Abb. 142).



**Abb. 142:** Strategie der Zeilenbehandlung über die Vegetationszeit der Reben im Steilhang

Der Zusammenhang von Behandlungsstrategie und Peronosporabefall ist in Tab. 19 dargestellt. Bei einseitiger Behandlung werden identische Befallserscheinungen im Vergleich zur Behandlung jeder Zeile festgestellt.

Wird dieselbe SPSS®-Abfrage beim Oidiumpilz durchgeführt, zeigen die Behandlungsstrategien ebenfalls den gleichen Wirkungsgrad, allerdings im Verhältnis von 80 % („befallsfrei“) zu 20 % („Befall festgestellt“).

Als letzter Punkt der Pflanzenschutzstrategie wird das Laubwandmanagement betrachtet. Eine Entblätterung wird in ca. 80 % aller Betriebe ganz oder teilweise durchgeführt.

**Tab. 19:** Befallshäufigkeit bei Peronospora in Abhängigkeit zur Behandlungsstrategie.

Kreuztabelle: Behandlungsstrategie zu Peronosporabefall						
			Peronosporabefall		Gesamt n=	
			ja	Nein		
Behandlungsstrategie	jede Zeile	Anzahl	47	83	130	
		Betriebe „jede Zeile“ [%]	36,2	63,8	100	
	Jede zweite vor Blüte und jede Zeile ab Blüte	Anzahl	132	201	333	
		Betriebe „jede ab Blüte“ [%]	39,6	60,4	100	
	jede zweite Zeile	Anzahl	174	303	477	
		Betriebe „jede zweite Zeile“ [%]	36,5	63,5	100	
	Gesamt		Anzahl	353	587	940
			Betriebe [%]	37,6	62,4	100

Bei Direktzug- und Steilhangbetrieben kann keine Differenz von Entlaubungsintensitäten festgestellt werden. Bis auf kleine zu vernachlässigende Unterschiede unterliegen die Geländeformen einer selben Strategieführung.

Im Steilhang wird trotz hoher Sonneneinstrahlung nicht weniger intensiv entlaubt als im Direktzug, was die Eingangsthese falsifiziert.

Um bei der Behandlungsstrategie abschließend die Geräteeinstellung zu berücksichtigen, ist in Tab. 20 die am häufigsten verwendete Zapfwellendrehzahl in den verschiedenen Weinbaugeländen aufgeführt. In Steillagen zeigt sich im Vergleich zum Direktzug keine Differenz bei der Drehzahleinstellung. Die Hälfte der Winzer verwenden  $540 \text{ min}^{-1}$ , 45 % fahren mit verminderter Drehzahl und nur 5 % übertreten die „Standard-Zapfwellendrehzahl“ von  $540 \text{ min}^{-1}$ .

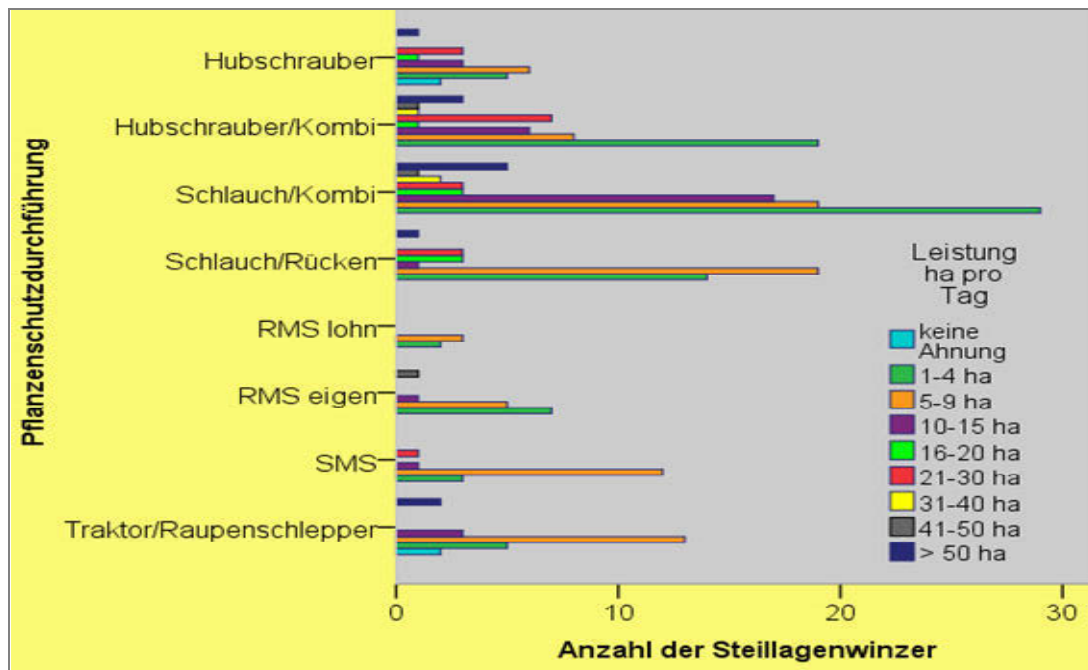
**Tab. 20:** Drehzahl der Schleppergelenkwelle in Abhängigkeit von der Geländeform.

Kreuztabelle: Steillagenfilter zu Zapfwelldrehzahl									
			n [min <sup>-1</sup> ]					Gesamt	
			350	400	450	500	540	> 540	
Steillagenfilter	ja	Anzahl	10	19	29	25	126	19	228
		Betriebe „steil“ [%]	4,4	8,3	12,7	11,0	55,3	8,3	100
	nein	Anzahl	60	79	96	90	322	28	675
		Betriebe „Direktzug“ [%]	8,9	11,7	14,2	13,3	47,7	4,1	100
Gesamt	Anzahl		70	98	125	115	448	47	903
	Gesamtbetriebe [%]		7,8	10,9	13,8	12,7	49,6	5,2	100

### Mechanisierung: Effizienz und Behandlungserfolg

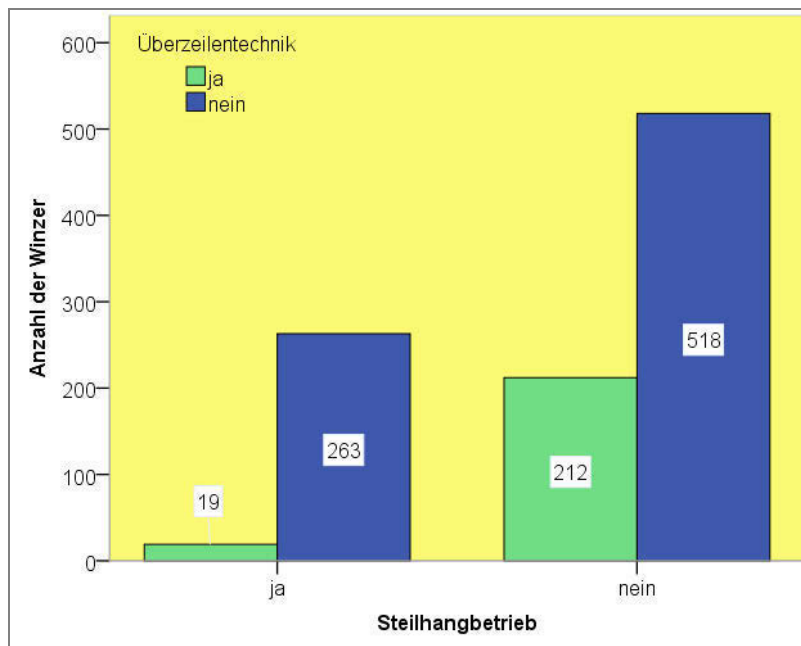
Zur Analyse der Effizienz der Applikationssysteme wird die Flächenleistung je Arbeitstag (8 Stunden) betrachtet. Abb. 143 gibt eine Übersicht der Geräte und hieraus können folgende Erkenntnisse gewonnen werden: 70 % der Probanden mit SMS-Applikation behandeln mit dieser Technologie 5-9 ha am Tag. Beim RMS kommt es zu einer Differenzierung zwischen RMS in Lohn­tätigkeit und eigenem Gerät. Eigene Geräte werden vornehmlich mit 1-4 ha am Tag betrieben und Lohnunternehmer behandeln 5-9 ha am Tag. Hierbei muss unterstellt werden, dass der Lohnunternehmer am selben Tag noch andere Betriebe anfährt und es sich nicht um einen gesamten Arbeitstag handelt.

36 % aller mit dem Spritzschlauch getätigten Pflanzenschutzmaßnahmen fallen in die Kategorie 1-4 ha je Tag. Bei der Hubschrauberapplikation streuen die Zeitangaben sehr stark und Pflanzenschutzmaßnahmen mit dem Schlepper werden zu 52 % mit 5-9 ha je Arbeitstag durchgeführt.



**Abb. 143:** Flächenleistung der Steillagenpflanzenschutzsysteme an einem Achtstundenarbeitstag. „Kombi“ bedeutet den Einsatz mehrerer Pflanzenschutzsysteme in einem Weinbaubetrieb.

Für eine Effizienzsteigerung kann Überzeilentechnik eingesetzt werden. Abb. 144 verdeutlicht, dass im Steilhang nur 6,7 % der Betriebe mit dieser Technik wirtschaften, im Direktzug sind es hingegen 29 %. Wie in der Eingangsthese vermutet, ist die Überzeilentechnologie im Hang noch nicht weitläufig adaptiert.



**Abb. 144:** Verwendung von Überzeilentechnik in Abhängigkeit von der Geländeform.

Ob ein bestimmtes Mechanisierungssystem in Steillagen besonders positive Resultate bei der Applikation hervorbringt, kann in einer Kreuztabellenabfrage mit den Items „Mechanisierungssystem und Krankheitsbefall“ erörtert werden. Beim Oidiumbefall schneiden RMS (Lohn), der Hubschrauber, Schleppersysteme und die Schlauchapplikation, kombiniert mit weiteren nicht näher definierten Geräten („Kombi“), überdurchschnittlich ab. RMS und die Schleppersysteme erzielen bei Peronospora den besten Behandlungserfolg aller Steillagenpflanzenschutzsysteme.

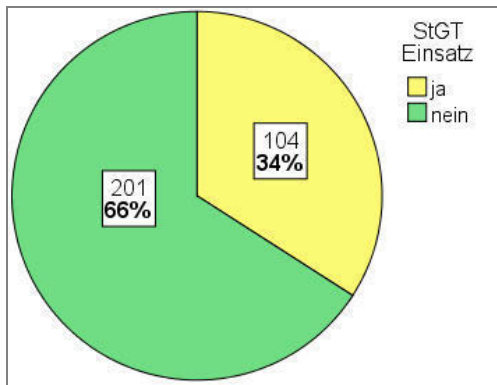
**Tab. 21:** Befall von Oidium und Peronospora in Abhängigkeit vom Steillagenapplikationssystem.

Mechanisierungs- system	Oidiumbefall [% der Probanden]		Peronosporabefall [% der Probanden]	
	ja	nein	ja	Nein
SMS	22,2	78,8	41,2	58,8
RMS eigen	28,6	71,4	28,6	71,4
RMS Lohn	0,0	100,0	33,3	66,7
Hubschrauber	8,3	91,7	41,7	58,3
Schlauch/Rückenspritze	17,8	82,2	46,7	53,3
Traktor/Raupenschlepper	11,5	88,5	28,0	72,0
Schlauch/Kombi	10,6	89,4	39,8	60,2
Hubschrauber/Kombi	13,0	87,0	43,4	56,6
Gesamt	13,6	86,4	40,1	59,9

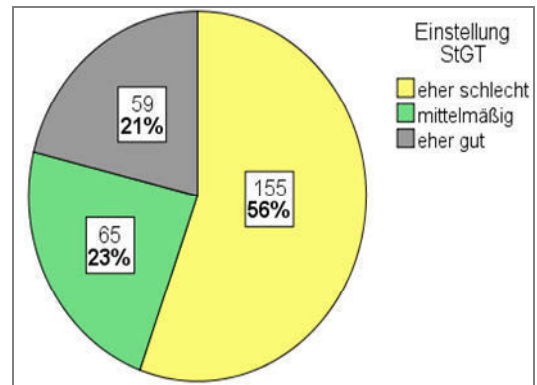
### Steillagengeräteträger

Ein Drittel der Winzer gibt an, dass der Steillagengeräteträger (StGt) nach erlangter Serienreife in deren Betrieb genutzt werden würde (Abb. 145). Bezogen auf den Anteil der potenziell befahrbaren Flächen gibt Abb. 147 Aufschluss. Von 226 Winzern geben 60 % an, dass die Befahrbarkeit mit dem StGT auf über 50 % ihrer Flächen gewährleistet sei, da gut befahrbare Zuwege, eine Wendemöglichkeit von mindestens 5,5 m und ausreichend breite Zeilen vorhanden sind. Nur 4 % gehen von keiner Eignung des StGT's im gesamten Betrieb aus.

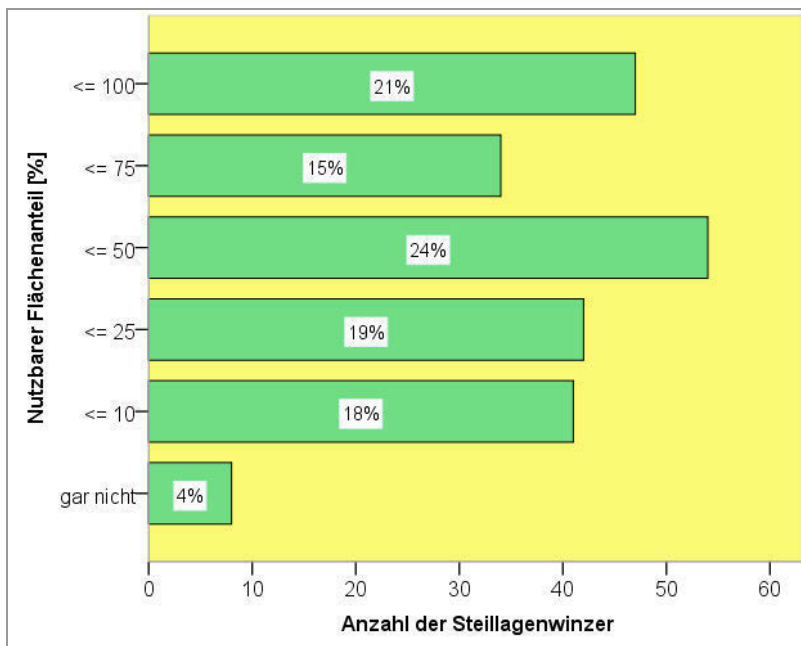
Über die Hälfte der Auskunft erteilenden Winzer steht den Zukunftschancen der Maschine allerdings kritisch gegenüber, was Abb. 146 veranschaulicht. In der Rubrik „weitere Bemerkungen“ wird die Maschine im Fragebogen von verschiedenen Probanden als zu schwer und zu unbeweglich für den Steillagenweinbau beschrieben.



**Abb. 145:** Mögliche Einsatzoption des Steillagengeräteträgers (StGT) im eigenen Betrieb nach Aussagen befragter Steillagenwinzer.



**Abb. 146:** Subjektive Zukunftschancen des Steillagengeräteträgers (StGT) nach Aussagen befragter Steillagenwinzer.

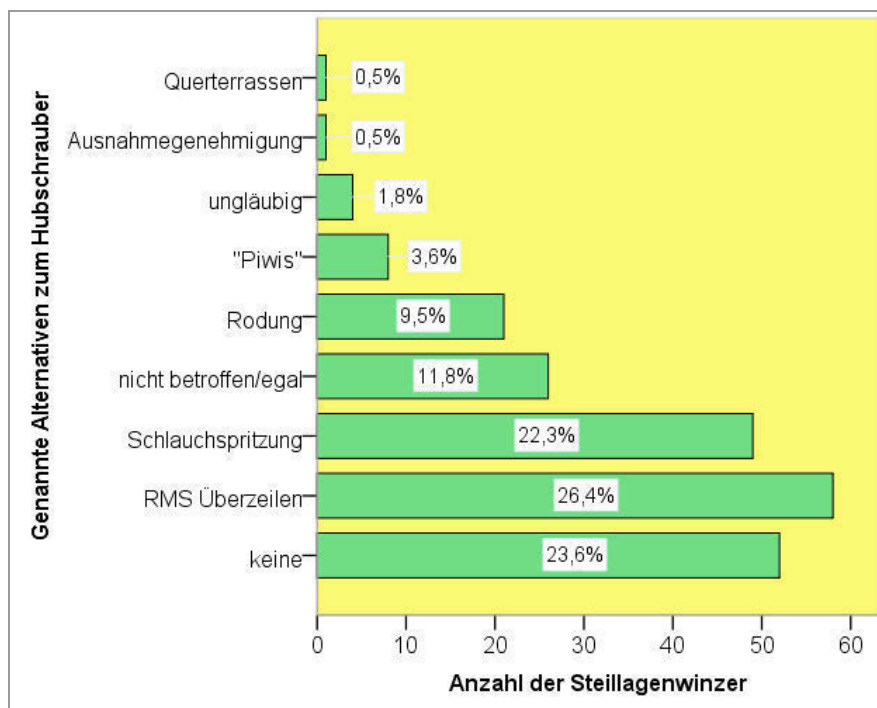


**Abb. 147:** Theoretische prozentuale Nutzbarkeit des Steillagengeräteträgers (StGT's) auf Steillangflächen befragter Winzer.

### Zukunft: Hubschrauberalternativen und Weinbergsbranche

Die Risiken eines europaweiten Hubschrauberverbotes können anhand der Teilnehmersaussagen zum Thema „Alternativen nach Hubschrauberverbot“ eruiert werden (siehe Abb. 148). 79 aller 277 diesbezüglich Auskunft erteilenden Betriebe nutzen den Hubschrauber als Pflanzenschutzgerät, von den Auswirkungen eines Verbotes sind so 28,5 % der befragten Steillagenbetriebe direkt betroffen.

Unter Gleichsetzung der Antworten „Rodung“ und „keine Alternative“ stehen 33,1 % aller Teilnehmer dem Hubschrauberverbot negativ gegenüber und vermuten einen drastischen Flächenrückgang. 26,4 % hoffen auf überzeilige Lösungen, explizit ist hier der RMS-Sektor genannt. 22,3 % würden nach dem Wegfall des Hubschraubers wieder auf die manuelle Schlauchspritzung zurückgreifen und der Rest setzt unter anderem auf pilzresistente Reben („Piwi`s“) oder hofft auf stetige Verlängerung der Ausnahmegenehmigungen.



**Abb. 148:** Pflanzenschutzalternativen nach Wegfall der luftseitigen Pflanzenschutzapplikation nach Aussagen befragter Steillagenwinzer.

Ein grundsätzliches Bestreben, die Weinbergdrieschen wieder zu rekultivieren, ist stark ausgeprägt (vgl. Tab. 22). In den Brachflächenkategorien von 5 % bis 30 % ist die Rekultivierungsoption bei 36,5 % bis 66,7 % aller Betriebe nach Markteinführung einer guten Mechanisierungsalternative gegeben. Durchschnittlich würden 43,5 % der Winzer mit Bracheflächen eine Rekultivierung erwägen.

**Tab. 22:** Rekultivierungsabsicht im Falle einer besseren Mechanisierungslösung bezogen auf prozentualen Brachflächenanteil in Steillagenbetrieben.

Kreuztabelle: Brachflächenanteil zu Rekultivierungsoption					
			Rekultivierung		Gesamt
			ja	nein	
Brachflächenanteil	<= 5 %	Anzahl	19	33	52
		Winzer mit 5 % Brache [%]	36,5	63,5	100
	<= 10 %	Anzahl	25	25	50
		Winzer mit 10 % Brache [%]	50,0	50,0	100
	<= 15 %	Anzahl	16	18	34
		Winzer mit 15 % Brache [%]	47,1	52,9	100
	<= 20 %	Anzahl	14	22	36
		Winzer mit 20 % Brache [%]	38,9	61,1	100
	<= 25 %	Anzahl	4	2	6
		Winzer mit 25 % Brache [%]	66,7	33,3	100
	>= 30 %	Anzahl	3	5	8
		Winzer mit 30 % Brache [%]	37,5	62,5	100
	Gesamt	Anzahl	81	105	186
		<b>Betriebe mit Brachen [%]</b>	<b>43,5</b>	<b>56,5</b>	<b>100</b>

### Zusammenfassung Kap 7.3

- Die meisten Teilnehmer des Umfragesonderteils „Pflanzenschutz in Steillagen stammen vom Anbaubereich „Mosel“.
- Trotz weitläufig eher geringer Betriebsgröße in Steillagengebieten können bei optimierter Strategie 15 oder 20 Hektar bewirtschaftet werden.
- Umstrukturierungsmaßnahmen und Anlageformen mit breiten Rebzeilen ermöglichen zunehmend den Einsatz moderner Mechanisierungen in vielen Steillagenbetrieben.
- Ökologische Wirtschaftsweisen gewinnen auch in Weinbausteillagen an Bedeutung.
- Im Minimalschnitt führt das Axialgebläse bei den befragten Betrieben zum besseren Behandlungserfolg gegen den Peronosporapilz, verglichen mit den Radialgebläsen.
- Die Spritzintervalle in Minimalschnitt- und Spalierziehung erfolgen nach Aussagen der beteiligten Winzer in gleichem Behandlungszyklus und werden nicht verkürzt.
- Zwei Drittel der Betriebe verwenden Injektordüsen unabhängig von der Geländeform.
- Die Hälfte der befragten Betriebe befährt beim Pflanzenschutz nur jede zweite Zeile, jedoch wird im Vergleich zur beidseitigen Behandlung kein erhöhter Pilzbefall festgestellt.
- Das Laubwandmanagement im Steilhang gleicht dem im Direktzug: 80 % der Betriebe führen starke oder moderate Entblätterungsmaßnahmen durch.
- 45 % der Betriebe sprühen mit verminderter Zapfwelldrehzahl.
- Überzeilenteknik im Hang ist mit 6,7 % noch weit unterrepräsentiert.
- Im Steilhang verursachen nicht luftunterstützte Pflanzenschutzgeräte und SMS-Gebläse einen höheren Peronosporabefall als Schlepper und RMS-Systeme.
- Es gibt ein gewisses Nutzungspotenzial für den Steillagengeräteträger, die Chancen dieser Technologie werden jedoch als gering eingestuft.
- Als Alternative für die verbotene Hubschrauberspritzung kommen seitens der Betriebe lediglich überzeilige RMS-Sprühgeräte oder die Rückkehr zur manuellen Schlauchspritzung in Frage.
- Durchschnittlich erwägen 43,5 % der Betriebe mit Brachflächenanteil eine Rekultivierung dieser Flächen bei geeigneter Mechanisierungslösung.

## 8 Diskussion der Feldversuche

### 8.1 Methoden zur Bewertung der Applikationsqualität

Die Untersuchung der Applikationsqualität unterschiedlicher Sprühgeräte erfolgte in dieser Arbeit in Freiland- und Laborversuchen auf der Basis von zehn Untersuchungsmethoden mit einerseits bekannten und andererseits neuen Messverfahren.

#### **Messmethoden der primären Leistungskriterien**

Die energetische Bilanzierung durch Leistungsbedarfsmessung mit einer Drehmomentzapfwelle ist als standardisiertes Verfahren des Maschinenbaus bestens geeignet, um die Leistungsbedarfswerte der untersuchten Gebläse gegenüber zu stellen. Die Messmethode wird als reproduzierbar und störungsfrei bewertet.

Die Tests am Luftstrommessstand ermöglichen die Erstellung von reproduzierbaren Ergebnissen, die der Darstellung von gerätespezifischen Luftstromprofilen in einem Höhenspektrum von 0,3 m bis 3,0 m dienen.

Eine besondere Bedeutung wird in dieser Arbeit der mehrzeiligen Sprühtechnik beigemessen, da die Adaption einer überzeiligen Gebläsevariante an ein Trägerfahrzeug für den Steilhang den Schwerpunkt darstellt. Die Luftprofile solcher in der Praxis gegenläufig sprühenden Gebläseorgane werden jedoch stets als separate Messungen der einzelnen Geräteteilbreiten erstellt. Dies spiegelt für die Pflanzenschutzpraxis lediglich die Beschreibung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung für die außen liegenden Teilbreiten eines Überzeilengerätes wider.

Ein interessanter Aspekt wäre jedoch das vorherrschende Luftprofil der gegenüberliegenden „inneren Teilbreiten“. Das Resultat des Aufeinandertreffens der Luftströme könnte bei den Prinzipien der zentralen oder dezentralen Luftstromerzeugung unterschiedlich ausfallen. Bei einem dezentralen Überzeilengebläse wie z.B. dem Rinklingerät, treffen annähernd gleichartige Luftströme aufeinander. Die zentrale Luftherzeugung (vgl. GR 56 und Vectis) erfährt durch die Leitschläuche eine Luftleistungsverminderung auf den Außenteilbreiten und es kommt zur Begegnung von Luftströmen unterschiedlicher Geschwindigkeiten und Volumina.

Der Modifizierung des Versuchsaufbaus zur Realisierung des überzeiligen Messens stehen prinzipielle Besonderheiten der Messeinrichtung entgegen.

Da der Messturm in der vertikalen Ausrichtung vier Meter Höhe erreicht, ist dieser für den niedrigen Überzeilenmast der Testgräte nicht überfahrbar. Die Pflanzenschutzgeräte müssten auf eine 1,5 bis 2,0 m hohe Rampe gefahren werden. Alternativ könnte der Messstand in einer begehbaren Grube positioniert werden. Das Auswertungsprogramm wurde weiterhin so programmiert, dass der erste Messwert in 0,3 m Höhe genommen wird. Die Messesequenz müsste umprogrammiert werden. Künftige Forschungsarbeit sollte sich der Thematik annehmen, da überzeiliger, luftunterstützter Pflanzenschutz an Bedeutung zunimmt.

Mit der Laserdiffraktion wurde eine Methode zur Tropfengrößenmessung gewählt, die einfach in der Handhabung ist und eine hohe Messgenauigkeit erzielt. Wichtig ist die Messung bei gleichen Lichtverhältnissen, da sonst große Messdifferenzen festgestellt werden konnten.

Ein Tropfenspektrum besteht aus Tropfen unterschiedlichster Ausprägung. Nach STEDEN (1992) ist niemals eine einheitliche Tropfenerzeugung möglich. Dieses Erkenntnis, die in Kap. 6.3 bestätigt wurde, hat Einfluss auf die Ergebnisse aller angewandten Messmethoden. Das Austauschen der Düsenkaliber sollte deshalb innerhalb einer spezifischen Fragestellung nicht erfolgen. Da die verwendeten Düsen anhand der Versuche als abdriftmindernd eingestuft wurden, bilden sie keinen Störfaktor für die anderen Messmethoden, bei denen das Abdriftpotential gemessen wird. Die Abdrift ist dann in der Tat gebläseinduziert, nicht düseninduziert.

Beim Vergleich der Methoden „Vertikalverteilung im Stand“ und „Vertikalverteilung während der Fahrt“ deuten mehrere Faktoren auf den Grad der Messgenauigkeit und die Art der Praktikabilität der Prüfmethode hin.

Unter Verwendung des Vertikalverteilungsmessstandes (Indoor) werden die natürlichen Umgebungseinflüsse komplett ausgeblendet, die Messung verläuft weitestgehend störungsfrei. Es bestehen jedoch einige konstruktionsbedingte Mängel an dem Prüfstand. Zum einen wird ein Teil der Tropfen durch den Messstand hindurch getragen, was durch die Materialdurchlässigkeit bei Verwendung der höchsten Gebläsestufe bedingt ist. Zum anderen kommt es bei hohem Flüssigkeitsausstoß teilweise zu Stauungen der Sprühflüssigkeit in den engen, schräg sitzenden Paneelen, was zu Messabweichungen führen kann.

Die exakte Ermittlung der Flüssigkeitsmengen via Ultraschallmessung und die digitale Zeiterfassung ermöglichen andererseits einen relativ geringen Zeitaufwand von wenigen Minuten für die Durchführung der Einzelversuche. Eine hohe Variantenanzahl ist so möglich.

Die Vertikalverteilungsversuche während der Fahrt (Freiland) spiegeln die Praxis-situation konkreter wider. Der dynamische Messvorgang bietet ein annähernd fehlerfreies Abbild des vertikalen Sprühverhaltens während des Applikations-vorganges. Variable Faktoren innerhalb des Messvorgangs sind der natürliche Umgebungswind und der von der Fahrzeugbewegung erzeugte Fahrtwind. Nachteilig ist der hohe Zeitbedarf für Bestückung und das Einsammeln der Filterpapiere und die anschließende aufwendige fluorometrische Auswertung. Je Variante müssen für die Versuchsdurchführung und Probenauswertung mindestens 90 Minuten eingeplant werden.

Im Vertikalverteilungsstand können verschiedene Geräteeinstellungen beurteilt werden und Varianten für die Versuche während der Fahrt selektiert werden. Eine Kombination beider Prüfmethode ist sehr praktikabel und effektiv.

### **Messmethoden der sekundären Leistungskriterien**

Die Analyse von PSM-Belägen bei Reben kann theoretisch an allen grünen Pflanzenteilen vorgenommen werden. In diese Arbeit fließen jedoch mit Bedacht keine Belagsbestimmungen von Beeren und Stielgerüst ein. Die Variantenvielzahl und das in der Folge anfallende Probenmaterial hätte das Arbeitspensum überschritten. In weiterführenden Versuchen ist eine Beprobung dieser besonders schutzbedürftigen Pflanzenteile bei der Beurteilung von Steilhangapplikationstechnik nachzuholen.

Belagsmessungen mit Farbtracern an Rebblättern stellen generell eine gängige Methode für Pflanzenschutzversuche dar. Allerdings ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mehrerer Forschungsarbeiten verschiedener Initiatoren durch Diskrepanzen in der Vorgehensweise und der Bezugsflächeninterpretation nicht immer gegeben.

Die exakte Bezugsgröße für die zu untersuchende Pflanzenprobe könnte beispielsweise eine Definition der individuellen Blattfläche eines Weinberges (z.B. in  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) voraussetzen. Der Blattflächenindex (BFI, engl. LAI) von voll belaubten Weinbergen kann je nach Anlage von  $1,5 \text{ m}^2$  bis  $3,2 \text{ m}^2$  Blattfläche je  $1,0 \text{ m}^2$  Boden reichen.

Der BFI differiert anlagenspezifisch zum Teil sehr stark. KOCH (2008) gibt an, dass Blattbelagsmessungen nur unter Berücksichtigung dieser Faktoren bei unterschiedlichen Laubwandhöhen und Reihenbreiten in verschiedenen Versuchsanlagen und Jahren miteinander verglichen werden können. Die gemessenen Konzentrationen des Farbstoffs (BSF) werden nach dieser Sichtweise auf eine Nominalaufwandmenge von z.B. 1 g je 1.000 m<sup>2</sup> Laubwandfläche normiert.

Die in Kap. 4.5.6 beschriebenen Blattbelagsmessungen beziehen sich hingegen auf eine standardisierte Methode mit der pauschalen Bezugsgröße Flüssigkeitsaufwandmenge in L ha<sup>-1</sup> ohne Berücksichtigung der Laubwandhöhe. Dies mag zwar aus wissenschaftlicher Sicht nicht die korrekte Beschreibung der Gesamtzielfläche sein, jedoch bietet die Standardisierung die objektivste und schnellste Möglichkeit zum parallelen Gerätevergleich. Aus den gegebenen Dosierangaben (Zeilenbreite, Gesamtdüsenausstoß, Arbeitsdruck) lassen sich die Beläge der Stichproben in Bezug zur kalkulierten Trägerflüssigkeitsmenge für jedes Gerät darstellen und die interne Gerätevergleichbarkeit bleibt gewahrt. Die Blattbelagsmasse bezieht sich hierbei auf einen fest definierten Ausschnitt des Blattes und die Angabe erfolgt in µg cm<sup>-2</sup>, wobei die Messergebnisse in der Regel auf eine Aufwandmenge von 1 kg je Hektar standardisiert werden. Für eine Vergleichbarkeit der Versuche wurde diese einfache Standardisierung vorgenommen. Bei den Penetrationsmessungen (Kap. 6.6) erfolgt die Angabe nicht zielobjektbezogen, sondern prozentual zur Aufwandmenge je Hektar, da sich die Messwerte auf gleichbleibende Kollektoren und nicht auf die komplexe Laubfläche beziehen.

Die von KNEWITZ et al. (2008) propagierte Unterteilung der Probenentnahmezonen in zehn Messhöhen eignet sich für die gezielte Analyse der Blattbelagsresonanz der höhenspezifischen Einzeldüsenverteilung. Bei durchschnittlich fünf vorhandenen Sprühdüsen deckt nach den Autoren jede Einzeldüse ein gedachtes Band von ca. 30 cm Laubwand ab. Werden zwei Probenentnahmezonen zusammengefasst, decken diese somit das Spektrum einer Düse im Düsenstock ab. Da es in der vorliegenden Arbeit aber primär um den horizontalen Vergleich der Geräte untereinander geht, wird die Laubwand vornehmlich in lediglich zwei, alternativ sechs Zonen aufgeteilt. Diese Modelle eignen sich, um die große Streubreite der Einzelblattbeläge durch Erhöhung der Stichprobenanzahl je Probenentnahmezone zu kompensieren. Die für das Personal einfach durchzuführende Entnahme aus sechs Höhenzonen dient der Darstellung interessanter höhenspezifischer Aspekte, alternativ können die Werte rechnerisch auf das 2-Zonen-Modell umgestellt werden. Eine komprimierte

Ergebnisdarstellung wird so möglich. Beim 6-Zonen-Modell werden insgesamt 240 Blätter beprobt. Diese Anzahl wird in der Spaliererziehung als ausreichend angesehen. Durch die hohe Belagswertstreuung bei der Weinrebe ist nicht nur eine größtmögliche Stichprobenanzahl anzustreben, sondern es wären weiterhin viele Wiederholungen sinnvoll, um die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse zu gewährleisten. Diese Vorgehensweise ist zeitaufwendig, witterungsabhängig und sehr teuer.

Um die große, durch die besondere Struktur der Rebe bedingte, Streubreite der Blattproben zu erfassen, sind je Versuchsvariante in dieser Arbeit mindestens 200 Blätter in verschiedenen Stichprobenmodellen entnommen worden. Die Aussagekraft der Ergebnisse nimmt nachweislich mit der Größe des Stichprobenumfangs zu (vgl. Kap. 4.5.6).

Die Vergleichbarkeit von Blattbelagsmessungen in unterschiedlichen Versuchsjahren und Rebanlagen ist durch die Variabilität der Zielflächen nicht immer gegeben. Meist nehmen die Zielflächenbedingungen einen größeren Einfluss auf die Messergebnisse als das Sprühgerät selbst. Witterungsbedingungen, Sorte, Oberflächenstruktur, Exposition, Wüchsigkeit, Entwicklungsstadium, Erziehungsart, Laubwandmanagement, Bestandsunterschiede und Anlagenbeschaffenheit beeinflussen den Anlagerungsprozess. Diese multiplen Störfaktoren sind untereinander kausal verknüpft und wirken sich auf die Ergebnisbildung aus. Beispielsweise war das Blattwerk im humiden Versuchsjahr 2012 kraftvoller und dichter als im Jahr 2011, was die Versuchsergebnisse der unterschiedlichen Jahre beeinflusste.

Ergebnisprägend sind besonders die Abweichungen der charakteristischen Anlagenparameter der in Kap. 4.1 beschriebenen Weinberge. Die Versuchsfläche in Bernkastel unterliegt einer Nord-Süd-Zeilung. Die Anlage in Geisenheim ist in Richtung Nord/West-Süd/Ost gezeit. Dies bewirkt bereits eine Veränderung der Blattflächenstruktur durch die veränderte Belichtungssituation. Das Alter der Versuchsweinberge differiert weiterhin um 13 Jahre, wobei der jüngere Stockbestand der Anlage in Bernkastel eine höhere Laubwanddichte ausbilden kann. Die karger Schieferböden an der Mosel rufen wiederum eine geringere Wüchsigkeit hervor, als die kalkreichen Kies-Lehmböden, die in Geisenheimer Lagen vorherrschend sind. Jahresspezifische Wachstumsverläufe bilden zudem eine tagespezifische Zielflächencharakteristik aus, deren Ausmaß das Messergebnis manipuliert.

Die Rebe kann weiterhin nicht in jedem Jahr exakt zum gleichen phänologischen Entwicklungsstadium beprobt werden, da vor allem eine trockene Witterung für die Durchführung der Versuche notwendig ist. Die Abweichungen zweier Versuchsjahre können somit auf die unterschiedliche Belaubungsdichte beider Versuchsfelder zurück geführt werden, somit ist nicht immer eine einheitliche Anlagerungsfläche gegeben. Zusammenfassend können Belagsmessungen nur als Momentaufnahme verstanden und interpretiert werden. Heterogene Bedingungen verursachen nicht identische Ergebnisse.

Neben Belagsmasse, Bedeckungsgrad und Tropfendichte wird bei Belagsmessungen häufig auch der Variationskoeffizient zur Bewertung des aus Stichproben gewonnenen Datenmaterials herangezogen. Mehrere Autoren (FURNESS & PINCEWSKI, 1985; KOCH et al., 1992; KOCH & WEIßER, 1994; WALKLATE et al., 1996; CROSS et al., 1997) stellen bei der Versuchsauswertung eine hohe Variabilität der Blattbeläge mit Variationskoeffizienten von ca. 30 % bis weit über 100 % fest. Bei hohen VK-Werten muss das Messergebnis stets kritischer betrachtet werden, bzw. ist der Versuch zu wiederholen.

Anhand des VK lässt sich darüber hinaus grundsätzlich jedoch auch die Gleichmäßigkeit von PSM-Belägen beurteilen. Voraussetzung dafür ist allerdings ein hinreichend hoher Stichprobenumfang, der im Weinbau auf Grund langjähriger Erfahrungen bei mindestens 50 (besser 100) Einzelproben je Messposition liegt. Ist die Anzahl der Wiederholungen geringer, sollten andere Kriterien, wie z.B. der Anteil nicht oder unzureichend belegter Zielobjekte zur Dateninterpretation herangezogen werden.

So liegt z.B. bei Blättern ohne Belag keine Schutzwirkung vor und sie sind potentieller Infektionsherd zur Verbreitung von Krankheiten. Besonders bei der Anwendung von PSM mit ausschließlicher Kontaktwirkung bilden unbedeckte Blätter einen Angriffspunkt für Infektionen und eröffnen somit laut STEDEN (1992) das Risiko für eine Weitervermehrung im Rebbestand. Dieser Problematik wird mit der Darstellung der Grenzwerthäufigkeiten (GWH) begegnet. In dieser Arbeit wird die Theorie von BÄCKER aufgegriffen. Dieser ordnet Blätter, die unter 25 % des Mittelwerts aller getätigten Stichproben liegen, als unzureichend belegt, Blätter unter 10 % als belagsfrei ein (BÄCKER, 2012). KOCH und KNEWITZ (2011) schlagen als Kennwert für eine ungenügende Belagsbildung den Anteil der Blätter vor, deren Belagsmassen weniger als 3 % oder 5 % vom Nominalaufwand ( $\text{kg } 10.000 \text{ m}^{-2}$ )

Behandlungsfläche) aufweisen. Dieser durch höheren Rechenaufwand gewonnene Parameter erscheint den Autoren aussagekräftiger als das arithmetische Mittel des Initialbelages.

Die Methode nach KOCH und KNEWITZ setzt jedoch eine sehr hohe Messgenauigkeit voraus, die nach Meinung von BÄCKER bei Belagsmessungen durch starke Varianzen des Messvorgangs im Freiland nicht immer gegeben ist. Durch die Erfahrungen, die bei der dreijährigen Versuchsdurchführung gesammelt wurden, sieht die Autorin dieser Arbeit die etwas „grobere“ Methode nach BÄCKER ebenfalls als besser geeignet an.

Der limitierende Faktor der fluorometrischen Belagsmassenbestimmung am natürlichen Objekt ist neben der großen Varianz der Zielfläche die Beschränkung auf quantitative Resultate einer Pflanzenschutzmaßnahme in Form der Beschreibung des Initialbelages auf den grünen Reblteilen. Aussagen zur Tropfenverteilung, zum Abbau und zur Umlagerung eines Wirkstoffes und Residualbelagsbestimmung sind mit dieser Methode nicht möglich. Zur Beurteilung der Belagsstruktur werden die Wirkstoffverteilung auf der Zielfläche und die Schichtdicke des Belages erfasst. Die Methode der digitalen Bildanalyse zur Bedeckungsgradmessung und der Tropfendichte, so wie sie von vielen Autoren beschrieben wird (SALYANI und FOX, 1994; HEPING ZHU et al., 2011), wäre als ergänzende Analyse nach erfolgten Blattbelagsmessungen eine interessante additional Methode, um nicht nur den Initialbelag, sondern auch die Gleichmäßigkeit der Verteilung auf dem Zielobjekt beurteilen zu können.

Nach STEDEN (1992) erscheinen Laborversuche an biologischen Objekten oder Freilandversuche unter kontrollierten und möglichst reproduzierbaren Bedingungen besser geeignet für die Prüfung unterschiedlicher Applikationstechniken. Diese Aussage sollte bei der Bearbeitung des Themas Berücksichtigung finden.

Bei der Suche nach alternativen Messmethoden zur Minimierung der variierenden Störfaktoren der Blattbelagsmessungen entsteht die Theorie einer künstlichen Laubwand als statisches Versuchsobjekt. Diese soll die Charaktereigenschaften des Zielobjektes naturgetreu imitieren und bei jeder Messung konstante Bedingungen schaffen. Die Erprobung künstlichen Reblaubes als Echtlaubersatz konnte jedoch nicht die gewünschten mechanischen Eigenschaften einer realen Laubwand wiedergeben. Im Kapitel „Ergebnisse“ bleiben diese Bemühungen auf Grund der Unverwertbarkeit der Erkenntnisse unerwähnt.

CATANIA et al. (2011) tätigten zeitgleich Versuche in Italien an einer selbst konstruierten künstlichen Laubwand, um die Belagsdisposition eines Pflanzenschutzgerätes reproduzierbar mit Messwerten anderer Geräte vergleichen zu können.

Der Einfluss der variierenden Umgebungswindstärke während der Rebschutzbehandlung wird von den Autoren als größter Umweltstörfaktor beim Pflanzenschutz angesehen. Zur näheren Untersuchung der quantitativen und qualitativen Beeinflussung des Windeffektes auf die Applikation von PSM verwendeten sie einen fest installierten Drahtrahmen von fünf Metern Länge. Mit künstlichen Trieben und daran fixierten Blättern verschiedener Größen empfanden sie eine Laubwand mit einem LAI von 1,5 m<sup>2</sup> Blattfläche pro 1,0 m<sup>2</sup> Standraum nach. Jeder Test wurde drei Mal wiederholt und als Tracer Lebensmittelfarbe verwendet. Ziel der Autoren war es, Laborbedingungen zu schaffen.

Zur qualitativen Beurteilung der Belagstruktur dienten ihnen wasserempfindliche Filterpapiere als Kollektoren und Bild-Scan-Analysen. Außerdem erfolgte eine quantitative Beurteilung der Belagsmasse durch Beprobung der künstlichen Blätter und anschließende photometrische Auswertung. Die Stabilität einer solchen Messeinrichtung wird dennoch in Frage gestellt und kann aus der Distanz nicht näher bewertet werden.

Als dauerhafte, reproduzierbare Messeinrichtung in Ergänzung zu Blattbelagsmessungen wurde in dieser Arbeit alternativ eine relativ unbekannt Methode ohne die Nachbildung eines künstlichen Blattwerkes herangezogen.

Beim so genannten Penetrationsmessstand handelt sich näherungsweise um eine Labormethode, die das Penetrationsvermögen eines Pflanzenschutzgerätes unter konstanten Bedingungen ermittelt. Die vorliegenden Abmessungen der konstruktionstechnischen Umsetzung des bereits existierenden Messstandes müssen zunächst in Frage gestellt werden.

Eine reale Laubwand ist ihrer Laubtiefe vergleichbar mit der Tiefe des Penetrationsmessstandes. Dieser erlangt durch die hintereinander angeordneten Probenstationen in vier Ebenen eine Tiefe von 0,5 m, eine Standardlaubwand umfasst ebenfalls 0,4–0,5 m.

Die künstliche Zielfläche wird am Messstand konstruktionsbedingt in der Vertikalen von 0,6 m bis 2,0 m erfasst, dort sind die Filterpapierstationen angebracht. Bei Luftmessungen werden 0,5 m bis 2,2 m als Zielflächenbezug angegeben. Moderne Rebanlagen haben oftmals den Aufbau einer hohen Laubfläche zum Ziel. Diese leichten

Differenzen bei der Definition der Laubwandgeometrie werden für die Ergebnisbildung jedoch als unrelevant angesehen, sofern das gewählte Standardmaß innerhalb einer Methode nicht variiert.

Die Ergebnisauswertung erfolgt im Vergleich zu den damaligen Versuchen von BÄCKER & STRUCK (2002) allerdings in einer etwas abgewandelten Form: Bei Bildung des Penetrationsindexes wird nach den Empfehlungen der Autoren die erste Ebene als Orientierungsebene zu 100 % gesetzt und die anderen Ebenen hierzu in prozentualen Bezug gesetzt.

Statt Ebene 1 wird bei aktuellen Berechnungen nach eigenem Befürworten Ebene 2 als Orientierungsebene verwendet und zudem mit dem Faktor 1 gewichtet. Diese Ebene stellt die eigentliche Hauptzielfläche dar, dort ist das Zielobjekt Traube anzutreffen. Ebene 1 wird als ohnehin oft übermäßig bedeckte Zielfläche mit leichter Zugänglichkeit nur zur Hälfte gewichtet. Je unzugänglicher die Ebene, umso höher die Gewichtung. Ein niedriger prozentualer Anteil am Gesamtbelag in der vierten Ebene bekräftigt die Annahme der 4-fachen Gewichtung dieser schwer zu erreichenden Luftaustrittszone nach der Durchströmung aller vorhergehenden Ebenen.

Wenn Ebene 4 allerdings außergewöhnlich hoch bedeckt wird, was den Index exorbitant steigen lässt, dann müssen die Messungen der Restluftgeschwindigkeiten (Kap. 6.7) hinzugezogen werden. Mit dieser Methode lässt sich erörtern, ob die Penetration nicht zu intensiv erfolgt und das Medium auf der anderen Laubwandseite übermäßig austritt. Diese Messmethoden ermöglichen nur in der Kombination Aussagen über die Güte des Penetrationsverhaltens. Alle Zonen sind ausreichend zu penetrieren, ohne zu viel Luft aus der Zielfläche hinauszutragen.

Als interessante Folgemessung nach den Residualluftgehalten bieten sich Versuche zur Überprüfung des tatsächlichen Wirkstoffaustrags nach Penetration an. Analog zu den Abdriftmessungen wären hierzu Petrischalen hinter dem Prüfstand aufzustellen, die beispielsweise in Abständen von 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 3,0 m und 4,0 m zu positionieren wären und deren Farbstoffgehalt zu überprüfen ist. Da diese Messungen reproduzierbar in windstiller Atmosphäre durchgeführt werden sollten, wurden die Messpositionen im Vergleich zu den Abdriftversuchen enger gewählt. Nach den praktischen Erfahrungen aus den Penetrationsmessungen kommt es nämlich zum Austrag des Farbstoffs in unmittelbarer Nähe des Messstandes.

Als Erweiterung des Messspektrums des Penetrationsmessstandes kann ebenfalls die Überprüfung der vertikalen Abdrift abseits des Penetrationsobjektes angedacht werden. Für diesen Versuchsaufbau wären jene Metallstangen, die sonst für die Vertikalverteilung während der Fahrt genutzt werden, in den Prüfstand einzuspannen. Der extern angelagerte Farbstoff oberhalb des Prüfstands ist das Resultat dessen, was die „künstliche Laubwand“ nicht halten kann und als Abdrift bilanziert werden muss. Diese Methodik ist jedoch nur ein theoretischer Denkansatz und müsste in weiterer Forschungsarbeit eingehend untersucht werden.

Wenn sich die Reproduzierbarkeit gänzlich bestätigt, kann die Penetrationsmethode evtl. als vorheriges Variantenauswahlverfahren vor die aufwendigen Blattbelagsmessungen zur Limitierung eines komplexen mehrgliedrigen Versuchsaufbaus gestellt werden. Die bei der Penetration als positiv bewerteten Varianten werden in der Folge an natürlichem Objekt betrachtet. Diese Methodenvernetzung ist quasi analog zur Vertikalverteilung (VV) im Stand und VV während der Fahrt zu sehen.

Zu den neuartigen Methoden zählen die Erfassung der Luftstromgeometrie nach Messstandpenetration und vergleichend jene nach Laubwandpenetration zur Bestimmung der Restluftgeschwindigkeiten. Diese Vorgehensweisen eignen sich sehr gut um überschüssige Luftbewegungen zu quantifizieren, die samt Wirkstoff durch das Zielobjekt hindurch getragen werden.

Abb. 132 zeigt trefflich, dass die Messungen am realen Objekt nicht obligatorisch durchzuführen sind, da der Penetrationsmessstand als Distanzkörper ähnliche Filtereigenschaften wie eine Laubwand besitzt. Die logistischen Schwierigkeiten, die der Einsatz des empfindlichen und zudem elektrisch betriebenen Luftmessstandes im Freiland hervorruft, können somit umgangen werden. Eine Einzelmessung am Prüfstand ersetzt zudem drei Wiederholungen am stärker variierenden Blattwerk. Dieses Ergebnis bekräftigt auch die generelle Einsetzeignung des Penetrationsmessstandes als reproduzierbares Laubwandimitat. Es besteht jedoch die Meinung, dass der Penetrationsprüfstand keineswegs als allgemeiner Ersatz für Belagsmessungen verwendet werden sollte, da besonders die relative Verteilung von BOS zu BUS nicht zufriedenstellend mit Penetrationsmessungen dargestellt werden kann.

Um der Gefahr einer Gewässerkontamination mit unerwünschten ökotoxikologischen Effekten vorzubeugen, wurde mit dem neuartigen Rinklin Gebläse eine Kategorisierung des Abdriftniveaus nach einer genormten, störungsfreien Methode durchgeführt. In Feldversuchen wurde nur die sedimentative Abdrift gemessen, da die atmosphärische Abdrift bei der Risikobewertung eines Pflanzenschutzgerätes zur Eintragung in die Liste abdriftmindernder Geräte vom Gesetzgeber nicht gefordert wird. Die Prüfung hinsichtlich der Abdriftminderung ist freiwillig und liefert den Herstellern ein günstiges Verkaufsargument, verbunden mit der Geräteempfehlung durch die amtlichen Beratungsstellen.

Da bislang kein typisches Steillagensprühgerät auf der Liste abdriftmindernder Geräte geführt ist, könnte das neuartige Rinklin Pflanzenschutzgerät hierdurch positives Aufsehen erregen.

## 8.2 Bewertung der neu entwickelten Gebläsetechnologie

### Leistungsbedarf

Energetisch bietet das Rinklingebläse noch erheblichen Entwicklungsbedarf. Im Vergleich zu einem Standardgebläse (ZA 24) und einem praxisüblichen Steillagengebläse (G 24) erfordert es ca. einen 1,5-fachen Leistungsbedarf bei  $540 \text{ min}^{-1}$  Zapfwellendrehzahl bzw. einen 2,3-fachen Leistungsbedarf bei  $400 \text{ min}^{-1}$ . Gegenüber den überzeitigen Alternativgeräten (Vectis, GSG, GR 56) wird das 2 bis 4-fache an Mehrleistung beansprucht, bei verminderter Drehzahl das 2,8 bis 4,8-fache.

Bei einem geräteinternen Vergleich benötigt das Rinklingerät bei Verwendung der Standardzapfwelle im Vergleich zu reduzierter Drehzahl den 1,5-fachen Leistungsbedarf. Zur Erzielung eines reduzierten Kraftstoffverbrauchs ist daher die Verwendung einer Betriebsdrehzahl von  $400\text{-}450 \text{ min}^{-1}$  für das Rinklingebläse zu empfehlen, da ein annähernd gleicher Blattbelag wie bei erhöhten Drehzahlen erzeugt werden kann (vgl. Kap. 6.5).

Der Leistungsbedarf des StGT mit Gebläseeinheit konnte in dem Zeitrahmen der Arbeit leider nicht festgestellt werden. Durch den baugleichen Gebläseläufer dürften die Messwerte jedoch denen des Seriengerätes entsprechen.

### Luftstromgeometrie

Die Ergebnisse der Luftstromgeometrie konnten genutzt werden, um den technischen Entwicklungsprozess des neuartigen Sprühgebläses unterstützend zu begleiten. Strömungsvariabilitäten im Luftprofil lokalisieren die Gebläseschwachstellen und dies führt bei konsequenter Umsetzung in Verbindung mit Messungen der VV im Stand zur zügigen Serienreife eines neuen Pflanzenschutzgerätes.

Die getesteten SMS und RMS Referenzgebläse für die Steillagenbewirtschaftung zeigen generell eine beträchtliche Abdriftneigung durch das Ausbringen hoher Luftmengen außerhalb des Zielbereiches. Diese Tendenz lässt sich deutlich am niedrigen luftvolumetrischen Effizienzfaktor ablesen, der bei allen Steillagengeräten negativ ausfällt. Besonders die RMS-Gebläse weisen in den abdriftgefährdeten Bereichen noch Windgeschwindigkeiten vor, die ein Gerät mit günstiger Luftstromgeometrie maximal in der Laubzone aufbringen sollte. Durch den ungebremsten Dralleffekt bei fehlender Luftstromführung kommt es weiterhin zur Ausprägung luftkonzentrierter Bereiche auf die Laubwand, an denen sich ein partieller Luftstrom mit Windgeschwindigkeiten von  $20\text{-}30 \text{ m s}^{-1}$  ausbildet. Diese Teilbereiche lassen einen

Luftaustritt hinter der Zielfläche vermuten, was durch die Messung der Residualluftgeschwindigkeiten bei G24 mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von  $8 \text{ m s}^{-1}$  je Messhöhe bestätigt werden konnte.

Eine generelle Verminderung der Luftgeschwindigkeit zur Verbesserung der Abdrift- und Belagssituation wird zudem von einigen Autoren (vgl. Kap. 2.3.3) beschrieben und wurde bei dem Rinklingerät in Form einer Drehzahlstafflung untersucht. Verschiedene Weinbausprüngerätehersteller machen sogar in den Betriebsanleitungen darauf aufmerksam, dass eine niedrige Zapfwelldrehzahl das Anlagerungsverhalten von PSM positiv beeinflusst. Beispielsweise empfiehlt der Hersteller Landtechnik Sexauer in Bischöfingen für die radialen Fächergeräte Vicar T 440 und 460 die Einstellung der Schlepperzapfwelle auf  $380 \text{ min}^{-1}$  bei einer Bestandshöhe von 2,20 m und 2 m Zeilenabstand zu regulieren.

CROSS et. al (2003) zeigten auch bei Obstkulturen, dass eine Verringerung der Luftgeschwindigkeit von  $11,3 \text{ m s}^{-1}$  auf  $4,1 \text{ m s}^{-1}$  weniger Abdrift und höhere Blattbeläge hervorrufen kann.

Durch die unterschiedliche Anlagengeometrie der Reb- und Obstanlagen ist diese Reduzierung der WG in dieser Größenordnung für den Weinbau wegen der erhöhten Laubdichte nicht denkbar. Rinklin erzeugt bei  $350 \text{ min}^{-1}$  eine mittlere WG von  $7,6 \text{ m s}^{-1}$ , bei  $450 \text{ min}^{-1}$   $8,2 \text{ m s}^{-1}$  und bei  $540 \text{ min}^{-1}$   $9,5 \text{ m s}^{-1}$ , mit der Konsequenz des bereits erörterten höheren Leistungsbedarfs. Bei niedrigster Drehzahleinstellung wird verhältnismäßig die meiste Luft, bezogen auf die gesamt erzeugte Luft, auf die Zielfläche appliziert und erbringt durchschnittlich nur  $2 \text{ m s}^{-1}$  weniger WG gegenüber der höchsten Drehzahl.

### **Vertikalverteilung im Stand und während der Fahrt**

Bei der Gesamtbetrachtung der verschiedenen Flüssigkeitsvertikalverteilungsprofile kann die folgende Beobachtung festgehalten werden: Unter Laborbedingungen gestalten sich die Vertikalprofile etwas gestauchter und schmaler. Im Freiland und während der Fahrt bleibt die Grundstruktur des Indoorprofils zwar erhalten, verändert sich jedoch geringfügig in der Ausprägung, da die Flüssigkeiten etwas breiter und ebenfalls nach oben und unten erweitert ausgebracht werden. Diese optische Streckung des Indoorprofils ist hauptsächlich den Auswirkungen des Fahrtwinds zuzuschreiben. Fraglich bleibt, ob die aufwendigen Messungen im Freiland grundsätzlich getätigt werden müssen, da die Profile bereits zuverlässig und schnell im Labor erstellt werden können.

Nach der gerätespezifischen Optimierung der Vertikalverteilung im Stand kann der Wirkstoff mit einer strategischen Konfektionierung des Düsenverbandes nach Bedarf stärker oder schwächer in bestimmte Zonen der Laubwand verteilt werden. Dies wird mit der Verwendung unterschiedlicher Düsengrößen (Kaliber) unter Berücksichtigung des jeweiligen Vegetationsstandes und der Blattflächenstruktur erreicht. So kann die Wirkstoffverteilung an die variable Laubwanddichte angepasst werden.

Das neuartige Rinklingerät weist eine recht homogene Vertikalverteilung auf und lässt somit diese Anwenderoption zur Verteilungsoptimierung gänzlich offen. Die anderen beiden Steillagensysteme bringen zu viel Flüssigkeit außerhalb der Zielfläche aus, was vermutlich nicht mit der Verwendung kleinerer Kaliber in den Grenz-zonen zu optimieren ist, da die ausgebrachte Luftmenge in diesen Bereichen zu hoch ist.

### **Penetrationsverhalten und Restluftgeschwindigkeiten**

Besonders die Steillagengeräte zeigen ein differenziertes Penetrationsverhalten im Bezug auf die Gesamtzielfläche. Die dort praxisüblichen Gebläse mit schlechter Luftführung und ausgeprägtem Dralleffekt könnten durch ungleiche Penetration der links und rechts vom Gerät befindlichen Laubwand möglicherweise lokale Defizite bei der Wirkstoffanlagerung auslösen. Erstaunlicherweise konnte der Befund der Penetrationsmessung, dass RMS und SMS mit der linken Gebläsesseite eine stärkere Durchdringung der Kultur erreichen, nur beim SMS-Gerät mit den Luftmessungen in einen nachvollziehbaren Kontext gebracht werden. Das SMS-Gerät produziert nämlich auf der rechten Gebläsesseite  $3.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  mehr Luftvolumen im Vergleich zur linken. Beim RMS sind es dagegen  $3.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  weniger. Dies lässt auf einen Messfehler schließen und muss nochmals überprüft werden.

Das SMS-Gebläse bietet in der Gesamtbetrachtung scheinbar nicht genügend Penetrationsvermögen, was sich aber nicht merklich negativ auf das Belagsverhalten am realen Zielobjekt auswirkt (vgl. Tab. 23). Die Vermutung einer unzureichenden Durchdringung lässt sich also nicht gänzlich bestätigen und könnte womöglich auch durch die im Praxiseinsatz geringere Fahrgeschwindigkeit des SMS ausgeglichen werden.

Rinklin zeigt bei der Gesamtbetrachtung ein zufrieden stellendes Penetrationsverhalten in Kombination mit niedrigen Restluftgeschwindigkeiten. Die höchste Drehzahlvariante bei Rinklin weist in leichter Tendenz das günstigste Penetrations-

verhalten auf. Der Abstand zwischen den drei Drehzahlabstufungen ist dennoch eher marginal einzustufen.

Beim RMS System hingegen ist die verbleibende Windgeschwindigkeit hinter dem Penetrationsobjekt vermutlich zu hoch, was noch durch eine Messung des Wirkstoffaustrags zu belegen wäre.

Das ausgebrachte Luftvolumen ohne und mit Penetrationsmessstand sollte demgegenüber möglichst wenig voneinander abweichen. Wenn die Durchdringung nicht ausreichend ist, wird die Laubwand umströmt und das rückseitig gemessene Luftvolumen sinkt. Bei allen Rinklinvarianten ist der „Luftvolumenverlust“ im Vergleich zu den herkömmlichen Sprühgeräten als sehr gering einzustufen. Dies kann möglicherweise als Positivfaktor für das Rinklingerät ausgelegt werden.

### **Blattbelag und Penetration**

Der Diskussion des Zusammenhangs von Belags- und Penetrationsergebnissen sei eine Übersichtstabelle (Tab. 23) vorangestellt, die alle vorliegenden Ergebnisse der Versuchsjahre zusammenfasst. Abgebildet sind alle untersuchten Sprühgeräte mit dem erzeugten Initialbelag in  $\mu\text{g cm}^{-2}$  auf beiden Laubwandzonen (Zone 1 und Zone 2), getrennt nach BOS und BUS. In den letzten fünf Tabellenspalten kann das Penetrationsverhalten in % und der Penetrationsindex der spezifischen Geräteeinstellung abgelesen werden. Beim Minimalschnitt ist die Laubdachzone (Zone 3) ausgeblendet, da diese in gewöhnlicher Spaliererziehung nicht untersucht wird.

Neben der Interpretation der Einzelaspekte wird im Folgenden versucht, einen Zusammenhang zwischen den Versuchsmethoden herzustellen. Durch die vegetations- und jahresspezifischen Unterschiede darf, wie bereits bei der Diskussion der Methoden erörtert, nicht von einer absoluten Vergleichbarkeit der Versuchsreihen der Blattbelagsmessungen ausgegangen werden. Es können jedoch Tendenzen abgeleitet werden. Ergänzend sei auf Tab. 8 in Kap. 6.5 verwiesen, die die Aspekte des Variationskoeffizienten und der Grenzwerthäufigkeit mit einschließt.

**Tab. 23:** Gegenüberstellung von Blattbelagsmassen und Penetrationsverhalten. Zusammenfassung der Versuche der Jahre 2010 bis 2012 und Minimalschnittversuche mit verschiedenen Zapfwelldrehzahlen. Die Belagsmassen werden nach Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) sortiert und die Penetration ist in vier Ebenen (E1 bis E4) dargestellt.

Gerät	Zone	2010 Belag [ $\mu\text{g cm}^{-2}$ ]		2011 Belag [ $\mu\text{g cm}^{-2}$ ]		2012 Belag [ $\mu\text{g cm}^{-2}$ ]		Minimal Belag [ $\mu\text{g cm}^{-2}$ ]		Penetration [%]				Index
		BUS	BOS	BUS	BOS	BUS	BOS	BUS	BOS	E1	E2	E3	E4	
ZA 24_540	1	1,2	2,0	1,5	3,7			0,5	1,6	24	23	10	2	0,7
	2	1,5	1,9	1,1	1,7			0,3	2,5	24	22	10	3	
ZA 24_400	1							0,7	2,8					/
	2							0,4	2,4					
SMS_max	1	0,9	2,0							10	9	5	1	0,8
	2	1,7	1,3							10	9	5	1	
RMS_max	1	1,4	1,8			0,5	0,9			11	14	10	6	1,1
	2	1,5	1,8			1,2	0,7			14	13	8	3	
Rin_350	1			0,9	1,5					25	28	14	4	0,8
	2			0,9	1,6					19	22	11	4	
Rin_450	1			0,9	1,6			0,6	1,0	34	30	14	6	0,8
	2			1,1	1,3			0,3	1,1	21	22	11	5	
Rin_540	1	0,8	2,1	1,1	2,2			0,4	1,3	32	33	16	7	0,8
	2	0,8	2,4	1,3	1,4			0,4	1,5	17	20	11	4	
StGT4_450	1					1,2	1,9							/
	2					1,0	1,1							
StGT5_450	1					0,8	1,5							/
	2					1,2	1,1							
Vectis_540	1			0,8	2,1									/
	2			0,8	2,3									

Das Axialstandardgebläse ZA 24 zeigt von 2010 nach 2011 eine annähernde Gleichheit der Werte. Eine Ausnahme stellt die BOS in Zone 1 mit doppelt so viel Belag dar. Auch der t-Test stuft die Messwerte in diesem Bereich als signifikant verschieden ein und die Werte sind lediglich auf der BUS vergleichbar. Die Durchführung von Blattbelagsmessungen mit nur einer Versuchswiederholung gilt somit als äußerst fragwürdig, gerade bei erhöhten VK-Werten.

Beim RMS-Gerät traten starke Wertedifferenzen in gleicher Anlage von 2010 nach 2012, besonders auf der BOS, auf. Im Jahr 2012 wurde der Versuch zur Kontrolle im Abstand von nur acht Tagen wiederholt und lieferte an beiden Terminen ein annähernd gleiches Ergebnis (Vgl. Kap. 6.5). Versuchserien im engeren Zeitfenster bei gleichem Versuchsfeld scheinen also möglicherweise denkbar zu sein.

Generell applizieren alle Rinklinentwicklungen immer etwas geringere Beläge auf der BUS gegenüber dem Axialstandardgebläse und den Steillagengeräten. Die Werteschwankungen der Testgebläse liegen jedoch relativ niedrig zwischen 0,3 bis 0,6  $\mu\text{g cm}^{-1}$ . Somit kann das Rinklingebläse in der Gesamtbetrachtung im Vergleich zu bewährten Praxisgeräten als ein Gerät mit ausreichenden Applikationseigenschaften eingestuft werden.

Die Versuche der Drehzahlstafflung bei Rinklin in Geisenheim 2011 stellen die Variante mit  $350 \text{ min}^{-1}$  zwar als diejenige mit den niedrigsten Blattbelägen heraus, aber bei dieser Variante wurde ebenfalls der höchste VK mit 130 % auf der BUS in beiden Zonen festgestellt (vgl. Tab. 8). Dies ist ein Hinweis dafür, dass die Ergebnisse nicht die gleiche Signifikanz im Vergleich zu den gesteigerten Drehzahlvarianten aufweisen. Eine Versuchswiederholung hätte auch hier Aufschluss geboten. Extrem weite Belagsspannen mit hoher Signifikanz zwischen der niedrigsten und höchsten Drehzahl blieben jedoch aus, was wiederum generell für eine Drehzahlreduzierung spricht. Denn auch im PFSchG und den Richtlinien zur guten fachlichen Praxis wird, wie in Kap. 2.1.3 erläutert, gesetzlich die geringstmögliche Gebläseleistung zur Abdriftreduzierung gefordert.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang auch das anhand des t-Tests (siehe Anhang Tab. A14) belegte identische Penetrationsverhalten von der mittleren zur höchsten Gebläsedrehzahl. Dies bestätigt die Erkenntnisse der Blattbelagsmessungen unter reproduzierbaren Bedingungen.

Andererseits produziert Rinklin bei jeglichen Drehzahlvarianten niedrige Beläge in Zone 2 in allen Penetrationsebenen. Dieses Phänomen tritt jedoch nicht am realen Zielobjekt auf. Denn es gibt keine analogen Ergebnisse bei den Blattbelagsmessungen. Die Diskrepanz zwischen Penetration und Blattbelag im vorliegenden Falle bleibt an dieser Stelle ungeklärt.

Eine vergleichende Betrachtung aller Gerätevarianten des Rinklinsprühaggregates deutet eine scheinbare Übertragbarkeit der „Dummy-Versuche“ als Rinklin Serienversion (4-Fächer) und der StVE-Version (5-Fächer) an. Trotz des provisorischen Verschlusses der fünften Fächer mit Klebeband können anhand der Blattbeläge deutliche Parallelitäten ohne signifikante Wertedifferenzen festgestellt werden.

Für eine konstante Versuchsdurchführung mit dem StGT als mehrzeiliges Pflanzenschutzgerät erwies sich trotz genannter Ergebnisparallele als unvorteilhaft, dass die Gebläseausführung des StGT nicht der ursprünglichen Bauweise entspricht.

Die zusätzlichen Fächer verursachen vermutlich eine veränderte Luftströmungscharakteristik, die im Profil zeitbedingt nicht mehr aufgezeichnet werden konnte. Bei vergleichbarer Belagsstruktur finden sich beim StGT sogar weniger unzureichend und nicht bedeckte Blätter im Vergleich zur Serienversion (vgl. Tab. 8). In diesem Zusammenhang gilt es zu bedenken, dass beim StGT lediglich die Beläge an Laubwandpositionen gemessen wurden, die gleichzeitig von zwei gegenüberliegenden Sprühkörpern benetzt wurden. Verwirbelungen durch aufeinander gerichtete Luftströme scheinen rein optisch positive Auswirkungen auf die Belagsbildung zu haben. Es wären weitere Versuche nötig, die bei beidseitig benetzter Laubwand, jedoch mit zeitversetzter Applikation, durchzuführen wären. Dieses Experiment würde die Belagssituation der außen liegenden Läufer realistischer darstellen und tritt in Analogie zu den Seriengebläseversuchen.

Es kann noch keine eindeutige Empfehlung gegeben werden, ob das StGT-Gebläse als 4-Fächergerät oder als 5-Fächergerät favorisiert werden sollte. Die 5-Fächervariante erzeugt bis hin zur oberen Laubwandbegrenzung konstant hohe Blattbeläge, auch auf der BUS. Dies kann in einer Laubwand mit entsprechend hoher vertikaler Ausdehnung von Vorteil sein. Zu nennen ist hierbei die traditionelle Einzelpfahlerziehung, die eine große Bestandshöhe aufweist. Die 4-Fächer Variante erzeugt dagegen nach oben hin abnehmende Beläge und dies ist bezüglich der Abdriftdisposition von Vorteil. Optisch ist der Sprühnebelaustrag über dem Bestand bei der 5-Fächervariante etwas höher, dies müsste allerdings noch durch anerkannte Abdriftstudien belegt werden.

Ein Negativfaktor der 4-Fächervariante ist im 6-Zonenmodell als verminderter Belag auf der BUS in Zone 3 zu erkennen, welche den oberen Bereich der Traubenzone tangiert (Abb. 114). Diese wichtige Zielposition wird bei vielen Geräten, die einen gleichmäßigen Flüssigkeitsaustrag über die gesamte Laubfläche aufweisen, durch die angepasste Konfektionierung des Düsenverbandes gestärkt. Die einfachste Vorgehensweise, dort einen Mehraustrag von PSM zu erreichen, ist die Verwendung eines größeren Düsenkalibers mit höherem Flüssigkeitsdurchfluss. Diese gerätespezifische Konfektionierung müsste in folgenden Versuchsvarianten eingehend untersucht werden.

In Betracht der teils stark entlaubten Traubenzone kann jedoch ein Mehraustrag nicht immer von Vorteil sein, da es sonst in dieser Höhenposition zu einem externen Wirkstoffaustrag kommt. Die situationsbedingte Anpassung an das Zielobjekt ist bei der Gerätekalibrierung stets zu beachten.

Erste Ergebnisse der Belagsbildung bei Reben mit Minimalschnitterziehung lassen lediglich erste Hypothesen, keine endgültigen Schlüsse zu. Durch die hohe Belagsvariabilität zwischen den Einzelblättern wurden bei den Messungen Variationskoeffizienten von bis zu 230 % in der Laubdachzone festgestellt. Diese auch für den Weinbau nicht mehr tolerierbare Streubreite wird durch stark vom Mittelwert abweichende Einzelproben verursacht. Um höhere Signifikanzen in Folgeversuchen erzielen zu können, sollte daher unbedingt die Stichprobenanzahl erhöht werden.

Tendenziell scheint jedoch die BOS im Spalier und Minimalschnitt annähernd gleich benetzt zu werden. Die BUS im Minimalschnitt wird im Vergleich zum Spalier nur zur Hälfte bis zu einem Drittel belegt. Die Vermutung der Weinbaupraxis, dass leistungsstarke Radialgeräte zur Applikation in Minimalschnitlanlagen besser geeignet seien, kann in den Versuchen nicht bestätigt werden. Im Gegenteil bildeten die Varianten mit niedrigeren Drehzahlen sogar noch geringfügig höhere Belagsmassen aus, die aber nicht signifikant bestätigt werden können.

Aus den sehr niedrigen Belagsbefunden in der Laubdachzone, sowohl bei Axial- als auch bei Radialgebläsen, lassen sich erste Folgerungen für die Notwendigkeit eines speziellen Gerätekonzeptes für Minimalschnitlanlagen ziehen. Ein möglicher Ansatz wäre ein Sprühausleger, der von oben direkt in das Laubdach appliziert.

In der Arbeit ist es leider nicht abschließend gelungen, den Zusammenhang zwischen der Penetrationsmethode und den Blattbelagsmessungen aufzuklären. Tabelle 23 lässt noch keine Regelmäßigkeiten erkennen, die zum Aufstellen von allgemein gültigen Gesetzmäßigkeiten beitragen könnten. Der parallele Wertevergleich der Methoden lässt keine verlässlichen Orientierungshilfen zur Einstufung der Ergebnisse in positiver oder negativer Hinsicht zu.

Folgende Fragen sollen eine Anregung für weitere tiefgreifende Forschung mit der Materie sein:

- Wie viel Belagsmasse muss bei jeder Blattseite mindestens gegeben sein?
- Wie gestaltet sich der Optimalverlauf der Penetration auf den einzelnen Ebenen?
- Setzen „gute“ Ergebnisse bei der Belagsbildung ein „gutes“ Penetrationsvermögen voraus?
- Lässt sich das Belagsverhalten an der epidemiologisch wichtigen BUS womöglich in irgendeiner Form am Penetrationsindex vorhersehen?

### **Biologische Wirksamkeit**

Detaillierte und einheitliche Beschreibungen der komplexen Wechselbeziehungen zwischen appliziertem Wirkstoffbelag, Penetrationsvermögen und resultierender biologischen Wirksamkeit sind in Literaturhinweisen nicht gegeben. Der erforderliche Bedeckungsgrad für eine erfolgreiche Bekämpfung durch optimale Sprühgeräteeinstellung bei Mindestdosierung des Wirkstoffes gilt generell als nicht bekannt. Um den Einfluss der Belags- und Penetrationsparameter auf das tertiäre Leistungskriterium der biologischen Leistung zu untersuchen, bedarf es demnach der Verbindung der Forschungseinrichtungen zur Applikationstechnik mit der Phytopathologie. Diese Zusammenarbeit existierte in dem Forschungsprojekt zur Entwicklung eines mehrzeiligen Pflanzenschutzgerätes für den Steilhang durch die Projektpartner JKI und HSG, konnte jedoch nicht konsequent miteinander vernetzt werden. Die räumliche Distanz und die Forschung mit nicht dauerhaft funktionsfähigen Prototypen boten schwierige Arbeitsvoraussetzungen.

In Kürze werden deshalb die wichtigsten JKI-Untersuchungen zur biologischen Leistung der Applikationssysteme SMS, Rinklin und G24 hinsichtlich des Gerätebehandlungserfolges gegen pilzliche und tierische Schaderreger beschrieben. Alle Angaben entsprechen den mündlichen Aussagen von Herrn Maixner, stellvertretender Leiter des JKI-Institutes für Obst- und Weinbau und Projektleiter der phytopathologischen Versuche.

Mit der Durchführung von *Peronospora* Freilandbonituren an Blättern und Trauben wurden die Unterschiede zwischen den testgerätapplizierten und unbehandelten Varianten aufgezeigt. Bei einem geringen natürlichen Befall wurden alternativ Blattscheibentests im Labor durchgeführt. Die behandelten Blätter wurden hierbei zu Blattscheiben ausgestanzt und mit Sporangien des *Peronosporapilzes* inokuliert.

In den drei Versuchsjahren, die zeitgleich mit den Gebläsemessungen dieser Arbeit verliefen, konnte im Jahr 2012 der Probebefall im Freiland erstmals als ausreichend bilanziert werden und die Signifikanz zwischen behandelten und unbehandelten Methoden war gegeben. Eine hohe Streubreite der Anlagebonituren hatte jedoch stets zu nicht sicheren Ergebnissen geführt, daher konnte keines der Applikationssysteme aus biologischer Sicht signifikant favorisiert werden. Einzig anhand der optischen Begutachtung der Befallsstatistik wurde beim SMS-Gerät in einigen Versuchen ein leichter Trend zum besseren Schutz vor Schaderregern gemutmaßt. Es bildete sich jedoch keine Signifikanz aus, die diese Beobachtung statistisch bestätigt.

Der Bekämpfungserfolg tierischer Schädlinge der Gerätevarianten wurde im Freiland mit einer Bonitur des Traubenwicklerbefalls nach künstlicher Inokulation von Trauben mit Traubenwicklereiern untersucht. Zur Absicherung dieses Verfahrens wurden im Labor Fütterungsversuche mit Traubenwicklern an behandelten Beeren durchgeführt und die Anzahl der Tiere mit Exitus bonitiert.

Bei der Auswertung traten unerklärliche Differenzen zwischen zwei Probeparzellen auf. Auch hier konnten keine signifikanten Abweichungen zwischen den Gerätevarianten herausgestellt werden (MAIXNER, 2012).

Die Ermittlung nicht signifikanter Unterschiede zwischen den Gerätebehandlungsvarianten muss als gutes Ergebnis gedeutet werden, denn das neuartige Rinklin-gebläse kann scheinbar trotz geringfügig verminderter Belagstendenz ausreichenden Schutz gegenüber den wichtigsten Schaderregergruppen des Weinbaus gegenüber den Vergleichsgeräten bieten. Gleichzeitig ist dies auch ein Hinweis darauf, dass mit einer Ausbildung von niedrigeren Belägen auch in infektionsgefährlichen Jahren wie 2012 die gleiche Schutzwirkung erzielt werden kann.

### **Sedimentative Abdrift**

Die Einordnung des Rinklingebäses in die 90 % Abdriftminderungskategorie genügt den erforderlichen Ansprüchen eines modernen Pflanzenschutzgerätes. Die Sollwerte der 95 %-Kategorie wurden zudem nur knapp verfehlt.

In folgenden Forschungsarbeiten wären demgegenüber Abdriftversuche von traditionellen Steillagensystemen wie SMS- und RMS-Sprühgebläsen interessant. Dies hätte zum Ziel, die Feststellung der ungünstigen vertikalen Luft- und Flüssigkeitsverteilung außerhalb der Zielfläche zu verifizieren.

Die Vermutung einer erhöhten Abdriftdisposition könnte offiziell dokumentiert werden. RMS und SMS bilden zwar erstaunlich gute Blattbeläge, doch der potenziell erhöhte Wirkstoffaustrag birgt ein erhebliches ökologisches Risiko. Die Planung, solche Versuche im Freiland durchzuführen, scheiterten während der Bearbeitungszeit witterungsbedingt und aus monetäreren Gründen.

## **8.3 Zukunftschancen der untersuchten Pflanzenschutzgeräte**

### **Praxistauglichkeit der untersuchten Geräte**

Das neuartige Rinklingebläse gilt als Hauptuntersuchungsgegenstand des Forschungsvorhabens. Zum Vergleich wurden Überzeilengebläse der Bauarten Wanner GR 56, Lipco GSG und Tecoma Vectis mit einer geringeren Anzahl von Messmethoden geprüft. Demzufolge lässt der minimierte Datenumfang keine allumfassende Beurteilung der Alternativgeräte zu. Insbesondere die Penetrations- und Blattbelagsmessungen sollten bei der Interpretation der Geräteeignung für die Anforderungen des Pflanzenschutzes im Steilhang miteinbezogen werden. Zudem wurden die Überzeilenalternativgeräte in dieser Arbeit, anders als das Rinklinggerät, nicht auf einem steillagenkompatiblen Trägerfahrzeug unter realen Bedingungen in hängigem Gelände getestet.

Bisherige Ergebnisse stellen GSG und GR 56 als die Geräte mit günstigstem Leistungsbedarf heraus. Bei Rinklin hingegen gilt der Leistungsbedarf als zu hoch.

Die Luftstromführung ist bei allen Geräten recht homogen, wobei das GSG als Tangentialgerät eine Optimalverteilung zeigt. Vectis, Rinklin und GSG weisen das gleiche Luftvolumen auf allen Teilbreiten vor, GR 56 erfährt deutliche Luftverluste durch Schlauchleitsysteme auf den Außenteilbreiten, was ein Wirkstoffdefizit jener Rebzeilen hervorrufen könnte.

Ein guter Ansatz aus umweltorientierter Sicht stellt das Einbinden verlustmindernder Technik in Form der Recyclingvorrichtung des GSG Gerätes dar. Neben der Wirkstoffeinsparung ist das Gerät auch bezüglich der Abdriftminderung führend. Etwas nachteilig ist die unüberschaubarere Bauform des Recyclingtunnels, der die Sicht in engen Rebanlagen bei Mehrzeilenbauform deutlich reduzieren kann. Besonders im Gelände mit Seitenhang birgt die ausladende Recyclingvorrichtung das Risiko einer Beschädigung der Unterstützungsvorrichtung des Weinberges, wenn das Trägerfahrzeug in eine Neigungsposition gerät. Praxistests mit einem derartigen Gerätekonzept im Steilhang sind unumgänglich.

Trotz der hohen konzeptionellen Herausforderung für die Entwicklung eines kompakteren Recyclingsprühgerätes, sollte die Möglichkeiten der Mitteleinsparung im Steilhang in Zukunft noch weiter verfolgt werden. Ebenfalls sollte die Sensortechnik als zusätzliches Sprühgerätebauteil in Betracht gezogen werden. Diese Gerätetechnik ist als Nachrüstsatz inzwischen verfügbar.

Das Rinklinsystem ist in der Gesamtbetrachtung nach kleinen technischen Verbesserungen und Leistungsbedarfminimierung für den mehrzeiligen Einsatz in Steillagen gut geeignet.

Um die Vorzüge aus Sicht des Umweltschutzes offen kommunizieren zu können, muss der Gerätehersteller bei der zuständigen Behörde des Julius-Kühn-Institutes in Braunschweig den Eintrag in das offizielle Verzeichnis „Verlustmindernder Geräte“ beantragen. Diese Maßnahme scheint auf dem Wege zu sein und die Eintragung empfiehlt sich ebenfalls aus Marketinggründen für den Gerätehersteller KMS Rinklin.

## 8.4 Multifunktionales Trägerfahrzeug für den Steillagenweinbau

Als potenzielles Trägerfahrzeug für Überzeilenausleger mit adaptierten Leichtbau-Pflanzenschutzaggregaten wurde in der vorliegenden Arbeit ein seilgezogener Geräteträger mit herausnehmbarem Erntekopf verwendet. Diese Technologie steht unentwegt in der öffentlichen Diskussion.

Nur 4 % der diesbezüglich befragten Betriebe schließen eine Befahrbarkeit durch Großgeräte wie den StGT für Ihren gesamten Betrieb aus. Dennoch räumt die Hälfte aller Befragten dieser Technik keine Zukunftschance ein. Dies mag an den hohen Erwartungen liegen, die an die Steilhangerntetechnik gestellt wurde, ohne die Geduld aufzubringen, die langwierige Entwicklungsphase eines Prototypen abwarten zu wollen. Die Entwicklung der Erntemaschinen für den Direktzug hat zwanzig Jahre gedauert und im Steilhang soll die Technik bereits nach fünf Jahren serienreif sein.

Mitunter sind die Zweifel an der aktuellen Bauform des StGT durchaus berechtigt.

Ungeachtet der nach Umfrageergebnissen ausreichenden Zeilenbreiten, führen Flächen- und Infrastruktur im Steilhang zu Nutzungseinschränkungen des StGT. In vielen Gemarkungen verhindert die kritische Infrastruktur mit beengten Vorgewenden die Einfahrt in die Anlagen. Oftmals wirken unzureichend befestigte Fahrbahnoberflächen der Standfestigkeit des Transportanhängers entgegen. Auch müssen hohe Rüst- und Wegezeiten durch kleine Parzellengrößen beachtet werden.

Dem StGT-Prototyp und dessen Transportanhänger wird von der Autorin als Trägerfahrzeug für die überzeilige Pflanzenschutzereinheit in Serienbauweise keine Zukunftsfähigkeit eingeräumt. Besonders der Transportanhänger stellt durch die steile Auf- und Abfahrt eine Fehlkonstruktion dar. Kostenintensive Reparaturarbeiten häufen sich und die benötigte Windenzugkraft kann nicht aufgebracht werden.

Des Weiteren weist das mittlerweile stark überalterte Hydrauliksystem zu viele Schwachstellen auf. Eine komplette Neukonstruktion sollte daher der Reparatur vorgezogen werden.

Sollte ein neues, kompakteres Baukonzept des StGT verwirklicht werden, gibt es folgenden wichtigen Punkt zu bedenken. Es muss in Frage gestellt werden, ob die Ausführung des Prototyps in multifunktionaler Nutzung wirklich die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Effizienz steigt nicht zwingend durch komplexe Automaten, sondern ebenfalls durch optimal spezialisierte, einfache Instrumente. Der Beweis hierfür leitet sich aus der Effizienz industrieller Produktionsabläufe ab, die oftmals Funktionalität

vor Komplexität stellen. Der StGT in seiner Doppelfunktion als Lesemaschine und Applikationseinheit birgt gewisse Nachteile. Zum Betreiben eines Ernteaggregates werden 60-70 kW benötigt, ein Sprühgebläse mit acht Teilbreiten erfordert anhand der ermittelten Leistungsdaten nur ca. 10-30 kW. Die Leistungsüberkapazität könnte die Wirtschaftlichkeit der Pflanzenschutzausführung herabsetzen. Die Entwicklungsarbeit im Direktzug (siehe Kap. 2.2.5) hat zudem gezeigt, dass vor der Multifunktionalität erst die jeweilige Geräteeinzelfunktion optimiert werden sollte. Die maschinelle Lese im Steilhang muss zunächst langfristig sichergestellt werden, bevor erweiterbare Nutzungskonzepte erschlossen werden können.

Vorteilhafter sind nach dieser Sichtweise zunächst eigenständige Gerätekonzepte, die künftig zum spezifischen Zeitpunkt durch Lohnunternehmer mehrere Betriebe beernten oder, mit einer kleineren Geräteträgerform, besprühen können. Die Investitionskosten kommen bei Lohnunternehmertätigkeit auch nicht auf jeden Einzelbetrieb zu.

Unter Berücksichtigung bereits existierender Steilhangmechanisierungssysteme als potenzielle Trägerfahrzeuge wird die überzeitliche RMS-Technologie mit leichten Sprühgebläseauslegern der Bauweisen von Rinklin oder GR 56 favorisiert. Die SMS- ist der RMS-Technologie anhand des großen Leistungsdefizites unterlegen und erbringt zudem nicht die nötige Masse zum Tragen eines luftunterstützten Überzeitensprühgerätes. Die Grenzen des RMS-Systems sind jedoch bei maximal sechs Teilbreiten ausgeschöpft.

Welches System sich künftig etablieren wird, ist also noch unklar. Nicht zu umgehen sind infrastrukturelle und anlagenspezifische Umstrukturierungsmaßnahmen in den Steillagengebieten, um die effizienteren Maschinen dort auch einsetzen zu können.

## 9 Diskussion der Pflanzenschutzumfrage

### 9.1 Methoden der Umfrage

Da bislang noch keine detaillierten Erhebungen zum Thema „Pflanzenschutzstrategien in der Weinbaupraxis“ vorliegen, war die Durchführung einer Primärerhebung notwendig. Auf Fragestellungen des allgemeinen Pflanzenschutzes im Weinbau wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen, da Problemfelder des Pflanzenschutzes aufgegriffen werden, deren Diskussion einer separaten Beurteilung bedarf. Der Steillagensonderenteil fungiert im Ergebnisteil als ein wichtiges Kernthema dieser Arbeit. Weitere Interpretationen des kompletten Fragebogens bieten Material für eine umfangreiche Folgearbeit

#### **Programmatische und konzeptionelle Fehlerquellen der Umfrage**

Zeitliche Restriktionen führten dazu, dass auf einen tiefgreifenden Pretest verzichtet wurde. Diese Testerhebung zur Simulation des Ablaufs der Hauptuntersuchung, hätte im Vorfeld mit einer größeren Probandenzahl durchgeführt werden können. ATTESLANDER (2008) hat davor gewarnt, dass ein minimalistischer Pretest zu gravierenden Auswertungsproblemen führen kann.

Die Auswertung hätte tatsächlich um ein Vielfaches vereinfacht werden können. Beispielsweise wurde die Definition der Laubwandhöhe nicht von allen Probanden der Hauptuntersuchung einheitlich verstanden. Einige definierten die Laubwandhöhe vom Boden aus, andere gaben die tatsächliche Laubfläche als Größe an. Alle Antworten mussten manuell überprüft und korrigiert werden.

Auch die Frage: „Wie viele Düsen sind bei Ihnen bei voller Belaubung geöffnet?“, führte durch ungenaue Formulierung zur Verwirrung. In der Antwortgebung differierten die Angaben bezogen auf eine Arbeitsteilbreite, eine Weinbergszeile (zwei Teilbreiten) oder bei mehrzeiligen Geräten die Bilanzierung der Gesamtdüsenbestückung (vier bis acht Teilbreiten). Erst nach paralleler Einsicht des jeweiligen Gerätetyps konnte die Frage ordnungsgemäß codiert werden.

Die Laufzeit des Pretests im Oktober 2011 wurde zur Vermeidung einer Kollision mit dem Weihnachtsgeschäft der selbstvermarktenden Betriebe und der potenziellen Gefahr der landwirtschaftlichen Winterurlaubszeit mit Bedacht verkürzt. Der große

„Bereinigungsaufwand“ der Fragebögen war vor dem Hintergrund der Wahl der optimalen Feldzeit (vgl. Tab. 24) von November bis Januar zu tolerieren.

**Tab. 24:** Strategische Wahl der Feldzeit einer Umfrage für Weinbauunternehmen.

Zeitpunkt Feldzeit	Positive Faktoren	Negative Faktoren
Zur Pflanzenschutzsaison	gute Präsenz des Themas	Stressphase in der Vegetation: Manuelle und maschinelle Laubarbeiten und periodischer Pflanzenschutz
Nach Pflanzenschutzsaison	gute Präsenz des Themas	Herbstvorbereitungen, früher Herbst 2011
Erntezeit	Keine positiven Faktoren	Zeit für Umfrage aufbringen undenkbar
Nach Erntezeit	Erleichterung, „freier Kopf“	Kellerarbeit und Frühfüllungen, Arbeit planbar
Weihnachtszeit	Frühe Dämmerung	Weihnachtsgeschäft
Januar/Februar	Rebschnitt ist zeitunabhängig	Urlaubszeit, Pflanzenschutzthematik weit entfernt

Ein Programmfehler war vornehmlich im Weinbaugebiet Pfalz verstärkt aufgetreten und führte vermutlich zu erheblichen Teilnehmerverlusten. pfälzer Winzer signalisierten telefonisch, dass sie Probleme beim erneuten Öffnen des Fragebogens haben.

Nach einer eingehenden Analyse des Problems wurde offensichtlich, dass vor dem „Weiter-Button“ der letzten Fragebogenseite explizit auf die Konsequenz hingewiesen werden musste, dass eine erneute Teilnahme nach Aufruf des Schlusdialoges nicht möglich ist. Diese Beendigungsfunktion dient eigentlich dem Schutz vor Mehrfachteilnahme. Viele Winzer schauten sich aber scheinbar zunächst alle Fragen im Schnelldurchlauf an und begannen erst dann die Bearbeitungsphase. Auch verhinderten technische Wartungsarbeiten des Online-Anbieters die Teilnahme einiger pfälzer Betriebe.

Bei der manuellen Überwachung des Teilnehmerprotokolls (Feldkontrolle) wurde der Rückgang der als beendet gemeldeten Fragebögen nach Aufruf des Pfälzer Mailverteilers registriert und die Reparatur der Software sofort nach Benachrichtigung des Onlineanbieters eingeleitet. Ein weiterer Datenverlust konnte somit verhindert werden.

Dieser nötige, zeitnahe Eingriff bestätigt HÜTTNER'S Theorie von der Unumgänglichkeit einer regelmäßigen Kontrolle des Umfrageverlaufes (HÜTTNER, 1997) und offenbart die Vorteile des zeitversetzten Aktivierens der unterschiedlichen Probandengruppen.

### **Fragetechniken**

Es erwies sich als ungünstig, zu viele offen gestellte Fragen in den Fragebogen zu integrieren. Die Items zur Zeilenbreite, Laubwandhöhe, Düsenanzahl und Wasseraufwandmenge pro Hektar hätten geschlossen vorteilhafter formuliert werden können. Die Verwendung konkreter „von...bis“-Angaben wäre eine hilfreiche Stütze für Proband und Autorin gewesen.

Bewertungsskalen wurden in der publizierten Pflanzenschutzumfrage zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Laubwand verwendet.

Es gibt diverse objektive Schadbonituren, um die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke verschiedener Krankheitserreger festzustellen. Häufiger existiert in der Praxis aber lediglich ein subjektiver Eindruck des Pilzdruckes, der nicht mit einem fundierten wissenschaftlichen Hintergrund belegt ist. Dokumentierte Bonituren und Befallsprotokolle werden in der Weinbaupraxis leider nur sehr vereinzelt durchgeführt. Deshalb wurde die Skalierung nicht, wie in vielen Literaturstellen empfohlen, in einer siebengliedrigen Skala vorgenommen, da sonst, wie auch KLEBER (1992) befürchtet, lediglich eine Scheingenauigkeit entstanden wäre.

### **Teilnehmermotivation**

Als themenbezogenes Motivationsinstrument (Incentives) den Gewinn eines Injektor-düsensatzes auszuschreiben, erwies sich als förderliche Maßnahme. Die hohe Teilnahmequote bestätigte dies. CHURCH (1993) beziffert den Anstieg der Rücklaufquote in Folge eines Incentives auf durchschnittlich 13,2 % bei postalischer Umfragetechnik. Die tatsächliche rücklaufsteigernde Wirkung eines Incentives konnte jedoch in der vorliegenden Umfrage nicht beziffert werden.

## 9.2 Ergebnisse der Umfrage

### **Feldzeitbericht**

Das persönliche Benutzerportal des Onlineanbieters „Easy Feedback“ ermöglichte die Verfolgung der getätigten „Klicks“ auf die Umfrage sowie das Anzeigen der Quote der komplett ausgefüllten Fragebögen. Bezüglich der Teilnehmerdisziplin können hierdurch einige Aussagen getätigt werden. Insgesamt interessierten sich 2.155 Weinbauunternehmer für die Umfrage und folgten dem Link zum Fragebogen. 1.075 Winzer füllten die Bögen bis zur letzten Frage aus. Diese Teilnehmerquote (Komplettierungsquote) von 50 % ist als sehr hoch einzustufen, da nach der Aussage des Onlinebetreibers Easy Feedback im Regelfall lediglich 8 % der Linkverfolger die Disziplin für eine komplette Beantwortung aufbringen (WEGNER, 2011).

Besonders die Aktivierung sozialer Netzwerke erwies sich in diesem Zusammenhang als erfolgreich. Die Teilnahmequote der über moderne Kommunikationsplattformen avisierten Personen lag bei fast 100 %, de facto 60 Teilnehmer. Diese neuartige Form der virtuellen Rekrutierung ist auch im Agrarsektor nicht zu unterschätzen.

Die große Motivation der Winzer, die Umfrage zu bearbeiten und hierfür durchschnittlich 23 Minuten ihrer Zeit aufzuwenden, bestätigt den hohen Wichtigkeitsgrad dieses Themenkomplexes und den großen Informationsbedarf bezüglich aktueller Pflanzenschutzgerätetechnik und Erfolgsstrategien im Pflanzenschutz.

Viele zusätzliche Rückmeldungen verschiedener Winzer, entweder telefonisch oder in ausführlichen Emails, verdeutlichen die Brisanz der aufgeführten Items.

Insbesondere die große Unsicherheit bezüglich der Zukunft des Steillagenweinbaus wurde kritisch thematisiert. Ausgewählte Kommentare der Weinbauunternehmer können im Anhang dieser Arbeit eingesehen werden.

### **Repräsentativität einer Onlineerhebung im Weinbau**

Es war sehr vorteilhaft, die elektronische der postalischen Erhebungsform vorzuziehen. Die hohe Teilnehmerquote bestätigt diese Annahme.

Es muss jedoch eruiert werden, ob die Onlinemethode zu einem gezielten Ausschluss gewisser Winzergruppen geführt haben könnte. Generalisierbare Aussagen über bestimmte Zielgruppen sind auf der Grundlage von Onlinebefragungen laut Berichterstattung des Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute (ADM) nur möglich, wenn die Onlinepenetration dieser Gruppen nachweislich sehr weit fortgeschritten ist (ADM, 2001). Laut einer jährlichen Studie des ARD und ZDF

nutzen im Jahr 2012 fast 76 % der deutschen Bevölkerung über zehn Jahren das Internet (ARD & ZDF, 2012). Es gibt kaum Weinbaubetriebe, die auf die schnelle Informationsbeschaffung und Kommunikation via Internet (Gebrauchtmaschinenbörsen, Kundenkontakt, Wetterinformationen) verzichten möchten. Es kann daher von einer hohen Nutzung des Internets bei der Zielgruppe der Winzer ausgegangen werden, was die Verwendung der Onlineumfrage bekräftigt. Vorteilhaft ist auch die heterogenere Stichprobenszusammensetzung aus Winzern verschiedener Anbaugebiete und betrieblicher Wirtschaftsweisen, die online rekrutiert werden. Eine Verallgemeinerung der Auswertungsergebnisse, die auf der getätigten Stichprobe beruhen, ist durch das realitätsnahe Verhältnis der relativen Verteilung aller Weinanbaugebiete (Kap. 7.2) für die Grundgesamtheit als zulässig einzustufen.

### **Hohe Flächenleistung durch angepasste Mechanisierung**

Anhand der Nennung der bewirtschafteten Betriebsflächengrößen besteht im Steilhang offensichtlich die Möglichkeit, mit einer optimierten Betriebsstrategie das Arbeitspensum von über zehn Hektar zu bewerkstelligen. Dieser Betriebsumfang stellt jedoch mit einem Anteil von 25 % der Befragten eher die Ausnahme, nicht die Regel dar. Bei der Aufschlüsselung der einzelbetrieblich verwendeten Steillagengeräte solcher Großbetriebe lassen sich jedoch keine favorisierten Mechanisierungslösungen ausmachen, die eine hohe Hektarleistung begünstigen. Die aufwendige Schlauchspritzung wird erstaunlicherweise in 11 von insgesamt 29 Betrieben größer 20 ha als alleinige Pflanzenschutzmaßnahme angegeben.

Die Frage nach der Flächenleistung im direkten Bezug auf ein spezielles Mechanisierungssystem wurde indes leider nicht differenziert genug formuliert. Viele Betriebe verwenden auf Grund unterschiedlicher Geländestrukturen nicht ein universelles Pflanzenschutzsystem für alle Parzellen, sondern wählen einen betriebsspezifischen „Gerätetmix“. Bei mehreren Systemen in einem Betrieb war es bei der Auswertung folglich nicht möglich festzustellen, welches der angegebenen Systeme der Proband beschreibt, welches Vegetationsstadium vorausgesetzt wird und wie günstig die Schläge bezüglich der Feld-Hofentfernung liegen. In der Umfrage ist es daher nicht gänzlich gelungen, die existierenden Pflanzenschutzsysteme hinsichtlich der Relation von Flächenleistung zu Behandlungserfolg näher zu untersuchen.

## **Moderner Pflanzenschutz im Steilhang unter Berücksichtigung von Anbaustrategien und Flächencharakteristika der heutigen Praxis**

Zeitgemäße Anforderungen an ein optimiertes Pflanzenschutzsystem, das für einen Großteil der in der Umfrage beschriebenen Steilhangflächen entwickelt werden sollte, formulierten die Weinbauunternehmer durch die Bearbeitung der Items gewissermaßen selbst.

Die Ergebnisse des Fragebogens implizieren eine rege Ausführung von Entblätterungsmaßnahmen in der Traubenzone, die nicht nur in Flachlagen, sondern mit gleicher Intensität auch im Steilhang durchgeführt werden. 80 % aller Betriebe stellen die Trauben in Hanglagen ganz oder teilweise frei, was Auswirkungen auf den Pflanzenschutz nach sich zieht. Je winddurchlässiger die Laubwand im Bereich der Traubenzone gehalten wird, umso besser gelangt der Wirkstoff bei der Pflanzenschutzmaßnahme an das Zielobjekt Traube. Bedenklich bleibt eine eventuelle Rückstandsproblematik durch die verstärkte PSM-Penetration der Trauben und die Gefährdung von Nichtzielorganismen. Bei den in Kap. 6.7 ermittelten Höchstwindgeschwindigkeiten von RMS-Gebläsen ist ein Wirkstoffaustritt hinter der stark entlaubten Traubenzone nicht zu verhindern.

Um die Mittel zielgerichtet nach einem intensiven Eingriff ins Blattwerk zu applizieren, sollte daher besonders bei Steilhanggebläsen eine angepasste Konfektionierung des Düsenverbandes bedacht werden, was beim grundsätzlich homogenen Luftaustritt des Rinklingebläses kein Problem darstellt.

Die Auswertung belegt weiterhin, dass die biologische Wirtschaftsweise auch im Steilhang stetig zunimmt. Ein erfolgreicher Ökoweinbau setzt jedoch verkürzte Spritzintervalle voraus. In der Konsequenz dieser Beobachtung sollte bei zukünftigen Mechanisierungslösungen insbesondere eine hohe Flächenleistung Berücksichtigung finden.

Bei der Beurteilung von schlagkräftigen Mechanisierungslösungen für den Steilhang muss zusätzlich der gesicherte Behandlungserfolg als Kernthema miteinbezogen werden. Im Steilhang existente Mechanisierungssysteme mit hoher Flächenleistung zeigen eine gute Abwehr des Oidiumpilzes, da vermutlich die notwendigen engen Spritzabstände einfacher eingehalten werden können. Betriebe, die als Pflanzen-

schutzsystem die Schlauchspritzen anwenden, erzielen die gleiche Erfolgsquote. Der Schutz gegen den Endoparasit *Oidium* ist bei der Schlauchapplikation nachweislich durch das Ausbringen hoher Wassermengen und resultierendem Traubenwascheffekt gegeben.

Andererseits erzielen Hubschrauber, Schlauchspritzen und SMS bei der Peronosporabekämpfung vergleichsweise schlechtere Ergebnisse. Das Eindringen des Pilzerregers durch die Blattunterseite kann mit diesen Applikationssystemen, wie es scheint, nicht sicher verhindert werden. Das geringe Penetrationsvermögen des SMS (vgl. Kap. 6.6) und die fehlende Luftunterstützung von Hubschrauber und Schlauchspritzen liefern mögliche Interpretationsansätze.

RMS und Raupenschlepper hingegen bewerkstelligen laut Probandenaussagen eine zufriedenstellende Peronosporabekämpfung. Für das neuentwickelte Rinklinggerät fehlen hierzu nachhaltige Erfahrungen aus der Praxis.

Die Hälfte der in der Umfrage beschriebenen Steilhangflächen weisen ausreichende Zeilenbreiten mit einer potenziellen Befahrbarkeit von größeren Mechanisierungslösungen auf. Der Einsatz durch überzeitige Geräte ist hier, ungeachtet des zur Verfügung stehenden Vorgewendes, also prinzipiell gegeben.

Um die Pflanzenschutzbehandlungen generell zeitlich zu verkürzen, greifen viele Winzer jedoch auf Grund fehlender Überzeilenteknik zu risikobelasteten Methoden. Sowohl im Direktzug als auch in Steillagen gaben 50 % der Betriebe an, in der gesamten Vegetation nur jede zweite Zeile beim Pflanzenschutz zu befahren. Diese Betriebe scheinen, subjektiv betrachtet, mit nur einseitiger Applikation gleiche Behandlungserfolge zu erzielen wie diejenigen, die beidseitige Applikation praktizieren. Forschungsarbeiten von BÄCKER (1999) und LANDERS & FAROOQ (2004) prognostizieren jedoch erhöhtes Befallspotential durch unzureichende Belagsbildung beim Befahren jeder zweiten Zeile.

Vielleicht sollte künftig in der Strategieführung diesbezüglich das Mittelmaß gewählt werden, um gleichzeitig Arbeitszeit einzusparen (jede zweite Zeile), aber in infektionsgefährlichen Phasen sichere Methoden anzuwenden (jede Zeile).

Idealerweise wären die Pflanzenschutzmaßnahmen situationsbedingt exakter an die Stärke des Infektionsdrucks der Erreger anzupassen. Die Entscheidung, ob ein- oder beidseitiges Befahren zum Einsatz kommt, kann durch moderne Wetterprognosesysteme gestützt werden.

Das Gefahrenpotenzial der einseitigen Behandlung liegt aber besonders in der Unflexibilität gegenüber einem zeitgemäßen Bodenmanagement. Meist ist nur jede zweite Gasse begrünt und die offene Gasse ist nach Niederschlägen nicht befahrbar. Wechselzeitige Strohabdeckung in Steillagen darf ebenfalls wegen der Gefahr einer Bodenverdichtung nicht befahren werden. Ein alternierendes einseitiges Befahren bei zwei aufeinander folgenden Pflanzenschutzbehandlungen kann also bei langen Regenperioden nicht praktiziert werden. In solchen Schlechtwetterperioden steigt das Risiko eines Krankheitsbefalls bei einseitiger Behandlung somit exorbitant an. Die in Kap. 2.3.2 erörterte Zunahme von unvorhersehbaren Wetterschwankungen und Starkregenereignissen während der Sommermonate spricht dieser Art der Strategieführung entgegen.

### **Pflanzenschutz im Minimalschnitt**

Eine Rationalisierungsmöglichkeit mit der Erziehungsform des Minimalschnitts setzt den Einsatz maschineller Ernte voraus, weiterhin wird für den Pflanzenschutz zur Durchdringung der Laubglocke die Applikation mit einem größeren Gebläse, vorzugsweise in Radialbauart, empfohlen.

Die Angaben zur Erfolgsquote des Pflanzenschutzes im Minimalschnitt unter Verwendung unterschiedlicher Gebläsearten revidiert jedoch die in der Praxis weit verbreitete Annahme, dass ein leistungsstarkes Gebläse mit hohen Windgeschwindigkeiten zu besseren Behandlungsergebnissen führt. Von 80 Probanden verwenden die Hälfte Axialgebläse und ein Drittel Radialgebläse im Minimalschnitt. 50 % der Radialgebläse lösen eine Befallssituation aus, bei Axialgeräten kommt es nur in 33-35 % der Fälle zum Peronosporabefall. Zudem geben die betreffenden Betriebe an, keine besondere Strategie in Minimalschnittanlagen zu verfolgen. Die Spritzabstände werden hier analog zu denen in Spalieranlagen gewählt.

Um diesen Tendenzen jedoch detailliert nachzugehen, hätten differenziertere Fragestellungen in einem separaten Themenblock „Minimalschnitt“ aufgeführt werden müssen. Der Itemumfang war jedoch nicht mehr auszudehnen. In einer weiteren spezifizierten Umfrage zum Thema „Pflanzenschutz im Minimalschnitt“ könnte es zur Prüfung der ersten Ergebnisse mit erhöhter Probandenzahl kommen. Es wird jedoch schwierig sein, aus der gesamten Winzerschaft diejenigen herauszufiltern, die diese Erziehungsform fachgerecht betreiben. Hierfür wird eine direkte Umfrage mit persönlichem Interview vor Ort vorgeschlagen.

## **Zukunft des Pflanzenschutzes im Steilhang**

Wie bereits in der Literatursichtung erörtert, bedarf es nach dem europaweiten Hubschrauberverbot zur Durchführung von Ausnahmebehandlungen eines separaten Zulassungsverfahrens der verwendeten PSM für den luftseitigen Bereich (Richtlinie 2009/128/EG, Abs. 2b).

Die Pflanzenschutzmittelhersteller werden aber aus Kostengründen voraussichtlich von einer solchen gesonderten Zulassung jedes einzelnen Pflanzenschutzmittels speziell für das Ausbringen mit Luftfahrzeugen absehen. Eine Kostenverdopplung für die zweifache Genehmigung für Boden- und Luftapplikation wäre wirtschaftlich untragbar, da nur ein geringer Teil des gesamten PSM-Marktvolumens mit Luftfahrzeugen ausgebracht wird. Umso dringender wird die Einführung einer wirtschaftlich und ökologisch vertretbaren „Bodenalternative“ zum Hubschrauber für den Pflanzenschutz im Steilhang.

Anhand der Betrachtung des Meinungsbildes zur alternativen Steillagenbewirtschaftung nach Wegfall des Hubschraubers sehen ein Drittel der Betriebe keine Alternativen, ein Drittel spekuliert auf überzeilige Lösungen und ein weiteres Drittel würde zur aufwendigen Schlauchspritzung zurück kehren.

Die Gesetzesvorgaben zur rückstandsminimierten Pflanzenschutzbehandlung (vgl. Kap. 2.1.3) sprechen jedoch vermehrt gegen die Schlauchapplikation und ebenfalls gegen eine nicht zeitgemäße Sprühtechnik. Bei der Anwendung des gezogenen Spritzschlauches (Kap. 2.2.5) kommt es bei Blättern und Trauben meist zu einer tropfnassen Applikation. Dies führt bei intensiver Interpretation der Hygienevorschriften möglicherweise zu einem Produkt, das nicht in den Verkehr gebracht werden darf. Auch die Rückstandsproblematik und Rückverfolgbarkeit muss in diesem Zusammenhang bedacht werden. Der Winzer muss als Lebensmittel-erzeuger im Falle eines Produkthaftungsverfahrens als Beweis einer unbedenklichen Prozesskette die Durchführung eines modernen und sachgerechten Pflanzenschutzes nachweisen.

Dies führt zu der Notwendigkeit einer positiven Kommunikation seitens der Beratungsstellen für die moderne Steillagenmechanisierung. Zwei Drittel der Weinbauunternehmer benötigt eine neue Motivationsquelle und Ausschau auf optimierte Sonderfahrzeuge mit Steillageneignung. Denn bislang erwägen nur 50 % der Betriebe mit Brachflächen eine Rekultivierung bei Verfügbarkeit von geeigneten technischen Lösungen mit Flexibilität und Schlagkraft.

## 10 Zusammenfassung

Als zukunftsweisende Applikationsverfahren im Steillagenweinbau gelten Sprühgebläse, die die Erwartungen arbeitswirtschaftlicher, rechtlicher, produktionsumwelt- und verbraucherorientierter Rahmenbedingungen erfüllen.

In dreijährigen Untersuchungen wurde ein neuartiges Radialgebläse anhand von zehn applikationstechnischen Leistungskriterien mit einem Standardaxialgebläse sowie mit typischen konventionellen Steillagenpflanzenschutzgeräten verglichen. Die Leistungskriterien wurden nach intensiver Literatursichtung ausgewählt und festgelegt. Ziel der Untersuchung war die Entwicklung eines mehrzeiligen Steillagenpflanzenschutzgerätes mit der Möglichkeit zur Integration mitteilsparender Techniken.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen Blattbelagsmessungen im Freiland, die bei internationalen Forschungsprojekten bislang keiner einheitlichen Methodik unterliegen. Das neue Gebläse bildet gegenüber den Vergleichsgeräten geringfügig weniger Belagsmassen auf der Blattunterseite aus, die Belagsqualität kann, gemessen am allgemeinen Vergleichsstandard, jedoch insgesamt als zufriedenstellend interpretiert werden.

Als erweiternde Methode zur Beurteilung der Applikationsqualität eines Pflanzenschutzgerätes wird die Untersuchung der Laubwandpenetration vorgeschlagen, die bislang noch wenig erforscht ist. Ein hierfür verwendeter Penetrationsmessstand ist mit einer realen Laubwand bezüglich der Filtereigenschaften des Gebläseluftstroms nachweislich vergleichbar. Das optimale Penetrationsverhalten konnte in der Arbeit noch nicht vollständig charakterisiert werden und generiert weiteren Forschungsbedarf.

Ein interessanter Aspekt stellt das Ausmaß des Luftaufkommens nach Penetration des Messstandes oder der Laubwand dar. Bei übermäßiger Durchdringung der Zielfläche kommt es zu hohen Luftstromgeschwindigkeiten hinter dem Zielobjekt und damit zum unkontrollierten Wirkstoffaustrag. Ein untersuchtes RMS-Gebläse erzeugt Residualluftgeschwindigkeiten, die weit über den erörterten  $5 \text{ m s}^{-1}$  liegen.

Grundsätzlich kann für die Bestimmung aller anderen Gebläseleistungskriterien festgestellt werden, dass bekannte Messmethoden für Sprühgebläse gezielt an die bauartspezifischen Anforderungen der Überzeilentechnik angepasst werden müssen und können. Auch kann eine Kombination mehrerer Messmethoden sinnvoll sein.

Existierende Pflanzenschutzverfahren für den Steilhang genügen nach eingehender Untersuchung nicht allen Ansprüchen einer modernen Applikationsmethode. Die Gefahr einer erhöhten Abdrift von Pflanzenschutzmitteln ist trotz zufrieden stellender Blattbeläge aus Umweltschutzgründen nicht zu akzeptieren.

Das neue Gebläse bei verminderter Gebläsedrehzahl und weitere untersuchte Überzeilenalternativen erfüllen hingegen die heute europaweit gestellten Rahmenbedingungen. Mehrzeilige Applikationstechnik für den Steilhang steht also grundsätzlich zur Verfügung. Unklar bleibt, welches Konzept für ein geeignetes Trägerfahrzeug zukunftsfähig ist. Erste Sprühversuche mit dem ursprünglich zur Ernte konzipierten Steillagengeräteträger stellen eine dauerhafte Funktionstüchtigkeit im jetzigen Entwicklungsstadium in Frage.

Eine weitere Rationalisierungsreserve im Steillagenweinbau bietet, neben der Forcierung mehrzeiliger Gerätetechnik, die Einführung arbeitszeiteinsparender Erziehungsformen wie z.B. dem Minimalschnitt. Erste Blattbelagsmessungen in einer Minimalschnittanlage haben jedoch noch keine signifikanten Ergebnisse geliefert, ob die Radial- oder Axialgebläsetechnik besser an die Erfordernisse des dichten Laubkörpers angepasst werden kann.

Das Bestreben, Forschung und Praxis miteinander zu vernetzen, wird im zweiten Teil der Arbeit verwirklicht. Mit Hilfe einer repräsentativen Umfrage werden die aktuellen spezifischen Anforderungen des Pflanzenschutzes im Steilhang herausgearbeitet, um die Vorgaben aus der Praxis bezüglich künftiger Steilhangtechnik besser formulieren und umsetzen zu können.

Die Erkenntnisse der Umfrage zeigen, dass Steillagenwinzer die gleichen Entblätterungsstrategien wie Direktzugwinzer verfolgen. Teilweise stark entlaubte Traubenzonen erfordern eine gleichmäßige Vertikalverteilung und die Möglichkeit zur einfachen Konfektionierung des Düsenverbandes.

Nach Angaben der befragten Betriebe liegt bei den steillagenspezifischen Applikationssystemen wie Hubschrauber, SMS und Spritzschlauch die Gefahr einer Peronosporainfektion höher, als bei der Behandlung mit RMS-Gebläsen oder der im Direktzug gebräuchlichen schlepperbetriebenen Sprühtechnik.

Weiterhin fordert die zunehmende Verbreitung der biologischen Wirtschaftsweise eine Erhöhung der Schlagkraft des Pflanzenschutzes, da die Spritzintervalle kürzer gesetzt werden müssen. Viele Winzer befahren bislang jede zweite Zeile, um die Flächenleistung zu erhöhen, obwohl mehr Weinbergflächen als vermutet eine ausreichende Reihenbreite für Mehrzeilentechnik aufweisen.

## 11 Summary

Modern spray application processes in steep slope vineyards should meet expectations based on economic, environmental, legal, production and user-defined criteria. Various studies have been conducted to evaluate the utility of different spray application technologies.

As part of this research, a three-year study compared standard axial fan and conventional steep slope sprayers with a novel radial fan sprayer using ten pre-determined performance criteria. The ten performance criteria were selected after an intensive literature search. The aim of the study was the development of a multi-row steep slope sprayer allowing for the incorporation of reduced pesticide use methods. The central focus of the study was the measurement of spray deposits on plant leaf surfaces in open fields, for which no internationally uniform methodology exists.

Results of the study indicated that the radial fan sprayer applied slightly less spray deposit on the underside of leaf surfaces when compared to the reference devices. However, the overall quality of the application achieved by the new fan was considered satisfactory compared to the generally accepted standard.

As an additional qualitative assessment of the application, the study suggests evaluating canopy penetration, a topic which has had little research to date. A specially designed penetration measurement instrument, having filter characteristics proven to be comparable to a natural canopy, was employed. Optimal penetration characteristics could not be fully defined in this study, and will require further research.

An interesting aspect of the study is the findings related to the impact of air flow after passing through the measurement instrument or the canopy. Excessive penetration through the target area causes a high speed air current behind the target resulting in uncontrolled discharge of the spray matter. A tested crawler tractor fan generated residual air currents far in excess of the recommended  $5 \text{ m s}^{-1}$ .

In establishing sprayer performance criteria, it was essentially determined that commonly used methods of measuring spray blast can and must be calibrated to type-specific requirements for over-the-row equipment in viticulture. A combination of several measurement techniques may also be meaningful. After considerable investigation, it was determined that existing steep slope pest management technology does not satisfy all the needs of a modern, sustainable application method. Despite acceptable leaf coverage, the danger of elevated pesticide over-spray is environmentally unacceptable.

The new radial fan, operated at lower speeds, as well as other identified over-the-row sprayer alternatives meet the current European framework. As such, steep slope, multi-row applicator technology is widely available. It remains unclear what type of equipment will emerge as a suitable tow vehicle for these sprayers. Initial attempts to spray using the steep slope attachment carrier, originally designed for use during the harvest, put in question the current state of accepted operational efficiency standards of this technology.

Further contemplation of possible efficiency gains in steep slope vineyards suggests, in addition to adoption of multi-row equipment use, introduction of labor saving growing methods such as hedge row systems. Initial spray deposit comparisons do not provide conclusive evidence to indicate which fan technology - radial fan or axial fan - better penetrates the dense, hedge-like canopy.

The intended practical application of this theoretical research is addressed in the second part of the study. Using a representative survey of winegrowers, current and specific requirements for pest management in steep slopes was determined, with the intent to better formulate practical steep slope technology for the future.

The survey shows that steep slope winegrowers use the same defoliation strategies used by their colleagues in non-steep slope vineyards. Partially high-defoliated grape zones require uniform vertical spray distribution, and the ability to easily customize nozzle assembly arrangement.

Responses from the surveyed winegrowers indicate that use of steep slope specific application systems such as helicopter, cable-winch mechanisms (SMS) and spray hose, present an increased risk of *Plasmopara viticola* infection compared to treatment using crawler tractor (RMS) and narrow tractor methods.

---

Furthermore, the increasing prevalence of organic farming in steep slope vineyards demands increased potency of pest management media, as the spraying interval must be set shorter in this type of viticulture. Many winegrowers still spray only every other row in steep slopes seeking to increase their coverage ratio, although more vineyards than might be expected have suitable row width to allow the use of multi-row technology.

## 12 Literaturverzeichnis

- ADM (ARBEITSKREIS DEUTSCHER MARKT- UND SOZIALFORSCHUNGSINSTITUTE e.V.) (Hrsg.)(2001):** Standards zur Qualitätssicherung für Online-Befragungen. Ausgabe Mai 2001. In: [http://www.adm-ev.de/fileadmin/user\\_upload/PDFS/Onlinestandards\\_D.PDF](http://www.adm-ev.de/fileadmin/user_upload/PDFS/Onlinestandards_D.PDF) [Stand: 15.02.2012, 16.45 Uhr].
- ARD & ZDF (Hrsg.)(2012):** ARD/ZDF-Onlinestudie 2012. In: <http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/> [Stand: 29.11.2012, 16.56 Uhr].
- ATTESLANDER, P., FÜRSTENAU, U., MAURER, A. (1993):** Verlust der Repräsentativität durch mangelnde Zentralität: Ein Instrumentenexperiment. Soziale Welt **3**: 1-20.
- ATTESLANDER, P. (2008):** Methoden der empirischen Sozialforschung. 12. durchgesehene Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BÄCKER, G. (1984):** Pflanzenschutztechnik im Weinbau. KTBL-Schrift **295**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BÄCKER, G., BRENDEL, G., ANTON, H. (1988):** Anlagerung von Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Gebläsebauarten im Weinbau. Obst- und Weinbau **25**(10): 279.
- BÄCKER, G. (1993):** Untersuchungen zur Umsetzung neuer applikationstechnischer Erkenntnisse in die Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Recyclingtechnik. KTBL-Titel I/16, ATW-Bericht **57**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BÄCKER, G. (1999):** Höhere Fahrgeschwindigkeit im Weinbau und einseitige Applikation zur Steigerung der Flächenleistung im Pflanzenschutz. Deutsches Weinmagazin **7**: 22-29.
- BÄCKER, G. (2000):** Untersuchungen über Möglichkeiten zur Steigerung der Flächenleistung im Pflanzenschutz unter besonderer Berücksichtigung mehrreihiger Verfahren. KTBL-Titel: I/12, ATW-Bericht **110**: 51-57. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BÄCKER, G., STRUCK, W. (2002):** Bewertung von Sprühgebläsen unter dem Aspekt gesteigerter Anforderungen im modernen Pflanzenschutz. KTBL-Titel: I/9, ATW-Bericht **122**: 4-11. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BÄCKER, G. (2007):** Nachhaltige Pflanzenschutzverfahren durch innovative Technik. KTBL-Schrift **45**: 34-46. Verlag KTBL, Darmstadt.

- BÄCKER, G., FRIEBLEBEN, R., TRUCHON, L., SCHWARZ, H.P. (2007):** Abtrifftmessung bei Hubschrauberapplikation. *Der deutsche Weinbau* **6**: 40-45.
- BÄCKER, G., KAICHER, R., STÖRTLÄNDER, H., MÜLLER, R. (2009):** Innovationen bei der Gebläse-technik. *Der deutsche Weinbau* **6**: 32-37.
- BÄCKER, G., KOCH, H. (2009):** Untersuchungen zur Bewertung neuer Pflanzenschutzverfahren. KTBL-Titel I/6, ATW-Bericht **153**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BÄCKER, G. (2012):** mündliche Mitteilung, Geisenheim: 22.04.2012.
- BARZEN, A. (2012):** mündliche Mitteilung. Projektkoordinator Steillagengeräteträger, Dienstleistungszentrum ländlicher Raum (DLR), Bernkastel-Kues: 15.01.2012.
- BAU, H., DÖRRIES, U., ZASKE, J. (1971):** Anwendung der Fluorometrie zur Verteilungsmessung in der Pflanzenschutztechnik. *Landtechnische Forschung* **19**(3/4): 93-101.
- BAUER, K. (2002):** Weinbau. 7. Auflage. Fachverlag Fraund, Mainz: 121-144.
- BECKER, H. (1979):** Weinbau im Steilhang. KTBL-Schrift **238**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- BEHRENS, K.C. (Hrsg.) (1966):** Demoskopische Marktforschung. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Gabler, T., Wiesbaden.
- BEYWL, W., SCHEPP-WINTER, E. (2000):** Zielgeführte Evaluation von Programmen: Ein Leitfaden. Materialien zur Qualitätssicherung in der Kinder- und Jugendhilfe. In: ATTESLANDER, P.(2008): *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 12. durchgesehene Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BÖHME, A. (2003):** Umweltgerechte Technik für den Steillagenweinbau. KTBL-Sonderveröffentlichung **044**. Verlag KTBL, Darmstadt. In: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1182/pdf/BoehmeAxel-2003-11-14.pdf> [Stand: 23.05.2012, 12.30 Uhr].
- BÖHME, A. (2004):** Precision Viticulture: der automatisierte Weinbau. *Deutsches Weinmagazin* **7**: 24-29.
- BOSNJAK, M., BATINIC, B. (1999):** Determinanten der Teilnahmebereitschaft an internetbasierten Fragebogenuntersuchungen am Beispiel E-Mail. In: <http://www.fragebogen.de/aufbau-des-fragebogens.htm> [Stand: 23.02.2012, 10.36 Uhr].

- BURTSCHKE, T. (2007):** Mechanisierung im Querterrassenweinbau. ATW-Bericht **149**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- CATANIA, P., INGLESE, P., PIPITONE, F., VALLONE, M. (2011):** Assesment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. European Journal of Horticultural Science **76**. Ulmer Verlag, Stuttgart: 102-108.
- CDU, CSU und FDP (Hrsg.)(2010):** Koalitionsvertrag der 17. Legislaturperiode zwischen CDU, CSU und FDP. Wachstum. Bildung. Zusammenhalt. Punkt 4.6 Landwirtschaft und ländlicher Raum, S. 48. In: <http://www.cdu.de/doc/pdfc/091026-koalitionsvertrag-cducsu-fdp.pdf> [Stand 28.11.2011, 11.54 Uhr].
- CHURCH, R., ALLAN, H. (1993):** Estimating the Effect of Incentives on Mail Survey Response Rates: A Meta-Analysis. Public Opinion Quarterly **57**: 62-79. In: [http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis\\_reihen/howto/how-to14rp.pdf](http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/howto/how-to14rp.pdf) [Stand: 23.02.2012, 10.14 Uhr].
- CROSS, J.V., RIDOUT, M.S., WALKLATE, P.J. (1997):** Adjustment of Axial Fan Sprayers to Orchard Structure. Bulletin OILB/SROP **20**(9): 86-94.
- CROSS, J.V., WALKLATE, P.J., MURRAY, R.A., RICHARDSON, G.M. (2001):** Spray Deposits and Losses in Different Sized Apple Trees from an Axial Fan Orchard Sprayer: 1. Effects of Liquid Flow Rate. Crop Protection **20**: 13-30.
- CROSS, J.V., WALKLATE, P.J., MURRAY, R.A., RICHARDSON, G.M. (2003):** Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 3. Effects of air volumetric flow rate. Crop protection **22**: 381-394.
- DERKSEN, R.C., GRAY, R.L. (1995):** Deposition and Air Speed Patterns of Air-Carrier Apple Orchard Sprayers. Transactions of the ASAE **38**(1): 5-11.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2004):** Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2004 bis 2007. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Drucksache 15/3151 vom 21.05.2004, S. 85-123. In: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/15/031/1503151.pdf> [Stand 22.09.2012, 17.11 Uhr].
- DEUTSCHES WEININSTITUT (DWI) (Hrsg.) (2012):** Deutscher Wein Statistik 2012/2013 In: <http://www.deutscheweine.de/icc/internet-de/med/68a/68a3098f-c19f-0931-7124-5cc6f135e25d,11111111-1111-1111-1111-111111111111.pdf> [Stand 22.09.2012, 10.20 Uhr].

- DIETRICH, J. (1995):** Mechanisierung und Produktionsplanung im Steillagenweinbau. KTBL-Schrift **366**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- DIRKSMEYER, B., FORSTNER, A., MARGARIAN, Y., ZIMMER, K. (2005):** Aktualisierung der Zwischenbewertung des Agrarinvestitionsförderprogramms (AFP) in Deutschland für den Förderzeitraum 2000-2004. Bericht für RLP Landesbericht 07/2005. Hrsg.: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig. In: [http://www.vti.bund.de/de/institute/bw/publikationen/sonstige/afp/afp\\_rp\\_de.pdf](http://www.vti.bund.de/de/institute/bw/publikationen/sonstige/afp/afp_rp_de.pdf) [Stand 23.01.2012, 14.03 Uhr].
- DLR OPPENHEIM (Hrsg.)(2012):** Kurzfassung Verzeichnis verlustmindernde Geräte des JKI. In: [http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/bbfdca2cc06694afc1256f50003e72b5/9acbef129acf3d02c1257142002fb78a/\\$FILE/Abdrift\\_Verzeichn\\_Wein%282012%29.pdf](http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/bbfdca2cc06694afc1256f50003e72b5/9acbef129acf3d02c1257142002fb78a/$FILE/Abdrift_Verzeichn_Wein%282012%29.pdf) [Stand: 24.08.2012, 7.30 Uhr].
- DREIER, H. (2004):** Schreckgespenst Rückverfolgbarkeit. Hrsg.: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) Bericht Nr. **24**: 42-45.
- DUBKE, H.P. (1984):** Bildschirmtext: Möglichkeiten der On-Line-Marktforschung. Hrsg.: Zentes, J.: 67-83.
- FRIEBLEBEN, R., ROßENBROICH, H.J., ELBERT, A. (2007):** Dose expression in plant protection product field testing in high crops: need for harmonisation. Bayer Pflanzenschutz-Nachrichten **60** (vol.1): 85-96.
- FURNESS, G.O., PINCZEWSKI, W.V. (1985):** A comparison of the spray distribution obtained from sprayers with converging and diverging airjets with low volume airassisted spraying in citrus and grapevines. Journal of Agricultural Engineering Research **32**: 291-310.
- FURNESS, G.O. (2003):** Distance calibration and a new pesticide label format for fruit trees and grapevines in Australia. Proceedings of the 7th workshop on spray application techniques in fruit growing, Cuneo: 29-297.
- GANTER, B. (2007):** Neuheiten bei der Steillagenteknik. Der Badische Winzer **6**: 25-27.
- GANZELMEIER, H. (1993):** Drift of plant protection products in field crops, vineyards, orchards and hops. Second International Symposium on Pesticides, Strasbourg Hrsg.: British Crop Protection Council: 125-132.
- GANZELMEIER, H., GEBAUER, S., WEHMANN, H.J., RIETZ, S. (1995 a):** Spritz- und Sprühgeräte für Flächenkulturen, Auszug aus der beschreibenden Pflanzenschutzliste - Teil Geräte. BBA-Bericht Landwirtschaft Heft **5**.

- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG, R., STRELOKE, M., HERRMANN, M., WENZELBURGER, H.J., WALTER, H.F. (1995 b):** Untersuchungen zur Abdrift von Pflanzenschutzmitteln. Ergebnisse eines Bundesweiten Versuchsprogrammes. Mitteilung aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Heft **304**.  
Hrsg: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.  
Blackwell Wissenschaftsverlag GmbH, Berlin/Wien.
- GERL, H., PEHL, K. (1983):** Evaluation in der Erwachsenenbildung. Bad Heilbrunn/Obb. (Klinkhardt): 15-92. In: ATTESLANDER (2008): Methoden der empirischen Sozialforschung. 12. durchgesehene Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- GEYRHOFFER, A. (2010).** Die Technik der Weinbau-Sprühgeräte. Der Winzer **04**: 20-24.
- GIL, E., ESCOBAR, C., PLANAS, S., MIQUEL, E. (2005):** Pesticide dose adjustment in vineyard: Relationship between crop characteristics and quality of the application. Book of Abstracts, 8th workshop on spray application techniques in fruit growing, Barcelona: 19-20.
- GRÄF, L. (1999):** Optimierung von WWW-Umfragen: Das Online Pretest- Studio. In: BATINIC, B., WERNER, A., GRÄF, L. BANDILLA, W. (Hrsg.) (1999): Online research: Methoden, Anwendungen und Ergebnisse. Hofgrefe Verlag für Psychologie, Göttingen: 159-178.
- GÖBEL, R. (2005):** Praktische Unternehmensführung. Planung- Controlling- Organisation in der Weinbranche. Hrsg.: DLG Verlag, Frankfurt a.M.: 170-171.
- GODYN, A., DUROCHOSKI, G., HOLOWNICKI, R., SWIECHOWSKI, W. (2005):** A method of verification of spray volume to crop structure. Book of Abstracts, 8th workshop on spray application techniques in fruit growing, Barcelona: 11-13.
- GÖHLICH, H. (1985):** Deposition and Penetration of Sprays. British Crop Protection Council Monograph **28**: 173-182.
- HANSEN, J.E. (2003):** Hansen, J., 2003: Can we defuse the global warming time bomb? Natural Science. Hrsg.: Goddard Institute for Space Studies, NASA: 1-32.
- HAUPT, D. (1997):** Unternehmensanalyse für Weingüter, Konzeption und Implementierung eines standardisierten Datenerfassungs- und Kennzahlensauswertungssystems für die Wirtschaftlichkeitsanalyse von Weingütern. Geisenheimer Berichte Band **29**. Geisenheim, 1997.
- HENTIES, V., HARMSSEN, C. (2008):** Widerstand nach Plan, Flurbereinigung und Risiken für Landwirte. DLG-Mitteilungen **3/2008**.

- HEPING ZHU, I., SALYANI, M., FOX, R.D. (2011):** A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and electronics in agriculture* **76/2011**: 38-43.
- HERBST PRÜFTECHNIK (Hrsg.) (2003):** Handbuch Vertikalprüfstandprüfstand VV 3000. Unterachtel, 2003.
- HERRMANN, A., HOMBURG, C. (1999):** Marktforschung: Ziele, Vorgehensweisen und Methoden. Gabler, Wiesbaden.
- HERRMANN, K., BERTRAM, J. (2008):** Mosel, Saar, Ruwer, Neuer Glanz alter Tugenden *Wein+Markt* **10**: 14-20.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND OENOLOGIE (Hrsg.) (2005):** Klimawandel und Klimafolgen in Hessen. Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen, INKLIM 2012. Projektbaustein II: Abschlussbericht, HLUG, Dezernat I 1. Dezember, 2005.
- HEYDE, C. (1999):** Allgemeine Theorie von Random-Stichproben. In: ADM: Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute e.V. (Hrsg.), *Stichprobenverfahren in der Umfrageforschung. Eine Darstellung für die Praxis*. In: [www.empas.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/empas\\_team/Scholz/Scholz\\_Probl\\_Stichpr.Pdf](http://www.empas.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/empas_team/Scholz/Scholz_Probl_Stichpr.Pdf). [Stand: 15.06.2012, 15.55 Uhr].
- HILL, G. (1995):** Oidiumumfrage 1994. *Das Deutsche Weinmagazin* **13**: 65-66, **14**: 71-73.
- HOFFMANN, L.E., WILCOX, W.F., GADOURY, D., SEEM, R., RIEGEL, D. (2004):** Integrated control of grape black rot: Influence of host phenology, inoculum availability, sanitation and spray timing. *Phytopathology* **94**: 641-650.
- HOLZ, B. (2003):** Schwarzfäule der Rebe an Mosel-Saar-Ruwer – Plötzlich und unverhofft. *Das Deutsche Weinmagazin* **6**: 26-29.
- HOPPMANN, D., SCHMITT, H.H. (2001):** Die Klimawende. Chancen und Risiken für den Weinbau in Deutschland. *Der Deutsche Weinbau* **10**: 36-39.
- HÜTTNER, M. (1997)** Grundsätze der Marktforschung. 5. überarbeitete und erweiterte Auflage. Oldenbourg Verlag, München/Wien.
- JÖRGER, V., SCHREIECK, P., HUBER, G., LITTEK, T. (2008):** Mechanisierung im Querterrassenweinbau. KTBL-Schrift 465, Abschlussbericht des ATW-Vorhabens **149**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- JUNG, C. (2009):** Untersuchungen zur Bewertung eines Traubenvollernters für den Steilhang. Diplomarbeit Hochschule Geisenheim, 2009.

- KAUER, R., SCHULTZ, H.R., RODEHUTH, P. (2002):** Ökologischer Weinbau in Deutschland: Was sagt die Praxis? Das Deutsche Weinmagazin **11**: 24-26.
- KIRCHHOFF, S., LIPP, P., SCHLAVIN, S. (2008):** Der Fragebogen. Datenbasis, Konstruktion und Ausarbeitung. Vierte überarbeitete Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- KLEBER, E. (1992):** Diagnostik in pädagogischen Handlungsfeldern: Einführung in Bewertung, Beurteilung, Diagnose und Evaluation. Juventa Verlag, Weinheim/München.
- KLÖCKNER, J. (2010):** mündl. Mitteilung auf der Pressekonferenz anlässlich des internationalem IVIF (Intervitis Interfructa) Kongress 2010 vom 24.-28. März 2010. Neue Messe, Stuttgart.
- KNEBEL, G. (2009):** 10 Thesen zur Erhaltung des Steillagenweinbaus. Hrsg.: Landvolk-Verlag GmbH, Koblenz. Die Winzer-Zeitschrift. Ausgabe **07/2009**: 6.
- KNEWITZ, H. (2007):** Schlauchspritzgeräte im BBA-Verzeichnis. Eintrag erfolgt. Das Deutsche Weinmagazin **3**: 24-25.
- KNEWITZ, H., KOCH, H., LEHN, F., SCHOWALTER, B. (2008):** Belagsbildung an Blättern und Trauben, Unten wie oben?. Das Deutsche Weinmagazin **8/19**: 32-37.
- KNEWITZ, H., STRUB, O., KOCH, H. (2012):** Belagsuntersuchungen Gebläseunterstützte Überzeilentechnik in Rebanlagen. Das deutsche Weinbaumagazin **7**: 32-35.
- KNOLL, M., TRILOFF, P., LIND, K. (2011):** Verlustarm sprühen. In: <http://www.obstbau.at/1020/Details> [Stand 28. 03. 2012, 14.22 Uhr].
- KOCH, H., SPIELES, M., RINGEISEN, W. (1992):** Überlegungen zur Beurteilung der Verteilungsleistung von Gebläsesprühgeräten in Obstanlagen. Gesunde Pflanzen **44**(12): 415-422.
- KOCH, H., WEIßER, P. (1994):** Untersuchungen zur Variabilität von Initialbelägen bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Obstanlagen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **101**(6): 634-640.
- KOCH, H., WEIßER, P., KNEWITZ, H. (2001):** Darstellung der Ausbreitung des Luftstromes bei Gebläsesprühgeräten. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst **53**: 330 – 333.
- KOCH, H. (2005):** Spritztechnik im Weinbau- Vorteile grobtropfiger Applikation, Hrsg.: DLR Bad Kreuznach: 29.

- KOCH, H., KAUL, P., BÄCKER, G., KNEWITZ, H. (2006):** Anforderungen an Sprühgeräte und Realisierung der Vertikalverteilung im Weinbau. BBA-Mitteilung **400**: 423-424.
- KOCH, H., ENDLER, M., BÄCKER, G., KEICHER, R., SCHWARZ, H-P. (2007):** Bewertung von GPS-Systemen bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau. KTBL-Titel: IV/07. Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben **158**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- KOCH, H. (2007):** How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **60/2007**: 71-84.
- KOCH, H., STRUB, O. (2007):** Einfluss von Fungiziden auf die Dynamik der Belagsbildung an Weinreben. KTBL Schrift **456**: 47-53.
- KOCH, H., KNEWITZ, H. (2008):** Methodology and sampling technique of spray deposit and distribution measurement in vineyards. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst **60(2)**: 25-30.
- KOCH, H., KNEWITZ, H. (2009):** Vertikalverteilung und Dosierung bei Weinreben. Der Deutsche Weinbau **7**: 10-13.
- KOCH, H., KNEWITZ, H. (2011):** Ein Vorschlag zur methodischen Vorgehensweise und Datenauswertung bei Belagsmessungen zur Untersuchung der Applikationsqualität bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Hrsg.: Verlag Eugen Ulmer KG Stuttgart. Journal für Kulturpflanzen **63(9)**: 299-303.
- KUTSCH, H.B. (2007):** Repräsentativität der Online-Marktforschung, 1. Auflage September 2007. Reihe Electronic Commerce, Band 35 Hrsg.: Syperski et al. EUL Verlag Lohmar-Köln, 2007.
- KTBL (2010):** Weinbau und Kellerwirtschaft. KTBL-Datensammlung. 14. überarbeitete Auflage. Verlag KTBL, Darmstadt.
- LANDERS, A.J., WILCOX, W.F., ENGLISH-LOEB, G., MARTINSON, T., DUNST, R. (2000):** Evaluation of a controlled droplet sprayer to control disease and insects on grapes. Report of 2000 proposals received and awards made and final reports to grant year 1999. Viticultural consortium- East: 117-123, NYSAES, Geneva.
- LANDERS, A.J. (2002):** The answer is blowing in the wind. Aspects of Applied Biology - International advances in pesticide application **66**:177-184.
- LANDERS, A., FAROOQ, M. (2004):** Factors Influencing Air and Pesticide Penetration into Grapevine Canopies. Aspects of Applied Biology - International Advances in Pesticide Application **71**: 343-348.

- MAIER, S., DAMMERS, D., ELLERMEYER, W., EMMERICH, S., FELDMANN, R., GÖTTSCHE, F., KIRSCH, T., KLEIN, R., STOFFEL, J. (2011):** Tourismus in Rheinland-Pfalz – Strukturen und Entwicklungen im Land und in den Tourismusregionen Hrsg: Statistisches Landesamt RLP, Bad Ems. Statistische Monatshefte Rheinland-Pfalz Heft **11/2011**: 977-985.
- MAUL, D. (1994):** Vollernter – nicht nur Vollernter. Das Deutsche Weinmagazin **10**: 22-25.
- MAUL, D. (1994):** Traubenvollernter – Das ganze Jahr im Einsatz. Das Deutsche Weinmagazin **13/14**: 42-48.
- MAUL, D. (1999):** Qualität fördern. Arbeitszeit und Kosten sparen. Das deutsche Weinbaujahrbuch **50**: 53-59.
- MICHALSKY, A. (1976):** Die Querterrassierung im Weinbau und ihr Einfluss auf verschiedene kleinklimatische und pedologische Faktoren sowie die Leistung der Rebe. KTBL-Schrift **213**. Verlag KTBL, Darmstadt.
- Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Rheinland-Pfalz (2011):** FLOrP – Flächeninformationen online. Internet-GIS für Landwirte. [www.flo.rlp.de](http://www.flo.rlp.de) [Zugang über kennwortgesichertes Portal des Weinguts „Eva Vollmer“. Stand 25.06.2012, 14.26 Uhr].
- MOHR, H.D. (2005):** Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe. Ulmer Verlag, Stuttgart: 94-1003.
- MOITZI, D.G. (2005).** Kraftstoffkostensparen in der Landwirtschaft. ÖKL-Kolloquium, 24. November 2005. In: [http://www.boku.ac.at/fileadmin/\\_PFBioLandwirtschaft/pubs/ProdSys/2005\\_Kraftstoff\\_einsatz\\_in\\_der\\_Pflanzenproduktion\\_OEKL.pdf](http://www.boku.ac.at/fileadmin/_PFBioLandwirtschaft/pubs/ProdSys/2005_Kraftstoff_einsatz_in_der_Pflanzenproduktion_OEKL.pdf) [Stand 28. 05. 2012, 13.33 Uhr].
- MORGAN, N. (1981):** Minimising pesticide waste in orchard spraying. Outlook on Agriculture **10**: 342-344.
- MÜLLER, E., KADISCH, E., SCHULZE, G., WALG, O. (1999):** Der Winzer Band 1 – Weinbau. 2. Auflage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- MUMMENDEY, H.D. (1995):** Die Fragebogen-Methode. 2., korrigierte Auflage. Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen.
- OCHSNER, T. (2005):** Erziehungsarten im Kostenvergleich. Der Badische Winzer **6**:23-26.
- OCHSNER, T. (2006):** Was kostet zukünftig die Produktion von Trauben  
Der Deutsche Weinbau **18**: 14-19.

- PEPELS, W. (1997):** "Lexikon der Marktforschung". dtv-Verlag, München.
- PEPELS, W. (2008):** Marktforschung. Verfahren, Datenauswertung, Ergebnisdarstellung.  
2. überarbeitete Auflage. Symposion Verlag, Düsseldorf: 2-5.
- PERGHER, G., GUBIANI, R., (1995):** The Effect of Spray Application Rate and Airflow Rate on Foliar Deposition in a Hedgerow Vineyard. Journal of agricultural Engineering Research **61**: 205-216.
- PERGHER, G. (2005):** Improving Vineyard Sprayer Calibration - Air Flow Rate and Forward Speed. Annual Review of Agricultural Engineering. Proceedings of International Conference on Environmentally Friendly Spray Application Techniques, Warsaw, Poland, **4(1)**: 197-204.
- PERGHER, G., LACOVIG, A. (2005):** Further studies on the effects of air flow rate and forward speed on spray deposition in vineyards. Proceedings of the 8th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing. Barcelona, Spain: 85-92.
- PEZZI, F., RONDELLI, V. (2000):** The Performance of an Air-Assisted Sprayer Operating in Vines. Journal of Agricultural Engineering Research **76(4)**: 331-340.
- PFAFF, F. (1994):** Ausblick ins 3. Jahrtausend. Das Deutsche Weinmagazin **8**: 20-24.
- PFAFF, F. (1997):** Der Traubenvollernter – ein echter Mehrzweckschlepper. Deutsches Weinbaujahrbuch **48**: 175-181.
- PORTEN, M. TREIS, F. (2006):** Querterrassierung – Die Rettung des Steillagenweinbaus? Das Deutsche Weinmagazin **11**: 22-29.
- PORTEN, M., KOHL, E. (2010):** Das RMS revolutioniert den Steillagenweinbau. Die Winzer Zeitschrift **3**: 38-42.
- PORTEN, M., SCHWARZ, H.P. (2008):** Steillagenweinbau. Nach SMS kommt RMS. Das Deutsche Weinmagazin **16**: 26-30.
- PÖTSCHKE, M., SIMONSON, J. (2001):** Online-Erhebungen in der empirischen Sozialforschung: Erfahrungen mit einer Umfrage unter Sozial-, Markt- und Meinungsforschern. ZA-Information **49**: 6-28. In: <http://online-umfrage-portal.de> am 2.2.2012 [Stand 24.03.2012, 13.05 Uhr].
- RANDALL, J.M. (1971):** The Relationship Between Air Volume and Pressure on Spray Distribution in Fruit Trees. Journal of agricultural Engineering Research **16**: 1-31.

- RICHARDSON, G.M., WALKLATE, P.J., CROSS, J.V., MURRAY, R.A. (2000):** Field Performance Measurements of Axial Fan Orchard Sprayers. In: CROSS, J.V., GLASS, C.R., TAYLOR, W.A., WALKLATE, P.J., WESTERN, N.M.(2000): Pesticide Application. Hrsg.: Wellesbourne, Warwick, UK. Aspects of Applied Biology **57**: 321-327.
- RÖHRICH, D. (2006):** Verfahrenstechnische Konsequenzen zur Reduzierung der Arbeitserledigungskosten in landwirtschaftlichen Unternehmungen bei Beachtung unabweisbarer fachlicher und rechtlicher Führungsgrößen. Dissertation. Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Giessen. Gießen, 2006.
- ROßBERG, D., IPACH, R. (2007):** NEPTUN 2006 - Weinbau. Statistische Erhebung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Heft **140**.
- RÜHLING, W. (1995):** Neuere Entwicklungen in der Erntetechnik. Die Winzerzeitschrift **9**: 16-18.
- RÜHLING, W. (1997):** Sitevinitech 1996 in Bordeaux, Teil 2. Informativer – Innovativer – Internationaler Weinbau. Das Deutsche Weinmagazin **2**: 30-32.
- RÜHLING, W. (2002)** Steillagengezogene Mechanisierungssysteme. ATW-Bericht **117**.
- SALYANI, M., FOX, R.D. (1994):** Performance of image analysis for assessment of simulated spray droplet distribution. Transactions of the ASAE **37**: 1083-1089.
- SALYANI, M., FAROOQ, M. (2003):** Effect of Sprayer Airflow on Spray Movement within Tree Canopy. 7th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing, Cuneo, Italy: 227-235.
- SCHNELL, R., HILL, P., ESSER, E. (1999):** Methoden der empirischen Sozialforschung. 6., völlig überarbeitete u. erweiterte Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- SCHULTZ, H.R., RÜHLING, W., STEINBERG, B. (1997):** Minimalschnitt und Lyra im Vergleich zur Spaliererziehung: Möglichkeiten und Anforderungen an Anbautechnik und Bodenpflege. 33.Weinbau-Tagung 1997 in Geisenheim, Band 1: 21-29.
- SCHULTZ, H.R., WEBER, M., GAUBATZ, B. (1999):** Minimal- oder Nichtschnittssysteme: Es funktioniert doch; Das Deutsche Weinmagazin **25**: 26-31.
- SCHULTZ, H.R. (2001):** Minimalschnitt – Eine Alternative zu bestehenden Produktionssystemen. Der Deutsche Weinbau **11**: 30-34.
- SCHWAB, A., NÜBLEIN, R. (2002):** In Zukunft 65 Akh/ha. Das Deutsche Weinmagazin **25**: 25-28.

- SCHWAB, A., NÜBLEIN, R. (2005):** „Hat Rebenwildnis Zukunft?“. Rebe und Wein **1**: 24-26.
- SCHWAPPACH, P. (2006):** Abtriftmessungen beim Hubschraubereinsatz – vom Buhmann zum Saubermann. Rebschutz und Rebphysiologie der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshörsheim. Dt. Weinmagazin **11**: 14-16.
- SCHWEDHELM, S. (2006):** Untersuchung zur Applikationstechnik im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Einsparungsmöglichkeiten für Pflanzenschutzmittel. Diplomarbeit. Hochschule Geisenheim, Institut für Technik, 18.05.2006.
- SERR, D. (2010):** mündl. Mitteilung. Niko Maschinen- und Fahrzeugbau, Nettetal – Lobberich.
- SEXAUER, P. (Hrsg)(2012):** Landtechnik Sexauer. Einstellbereiche für Turbine 440, 460. In: [http://lantechse.dyndns.org/website/service/kurzbeschreibung/einstellbereiche\\_440-460.pdf](http://lantechse.dyndns.org/website/service/kurzbeschreibung/einstellbereiche_440-460.pdf) [Stand: 02.08.2012, 10.05 Uhr].
- SKOOK, K., LEARY, D. (1992):** Principles of Instrumental Analysis. 4. Auflage. Saunders College Publishing, Orlando, Florida.
- SLAMKA, P. (1990):** Eignung von verschiedenen Erziehungsformen und die Möglichkeit der Extensivierung durch Anlage- und Erziehungsformen im Steilhang. KTBL-Titel I/09, ATW-Vorhaben **36**: 4-5. Verlag KTBL, Darmstadt.
- SIEGFRIED, W., HOLLIGER, E., RAISIGL, U. (1995):** Eine neue Methode zur Bestimmung der Brühe- und Präparatemengen im Obstbau. Schweizer Zeitschrift für Obst-Weinbau **6**: 144-147.
- SIEGFRIED, W., HOLLIGER, E., VIRET, O., CRETENEND, Y., MITTAZ, C., ANTONIN, P. (2000):** Applikationstechnik im Weinbau – Teil 1, Wirkstoffbilanzen bei verschiedenen Pflanzenschutzgeräten. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, **6**: 104-107.
- STATISTISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.)(2011);** Weinbaufaltblatt für Rheinland-Pfalz. Erschienen im Mai 2011. In: [http://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/nach\\_themen/verlag/kurzinformationen/Faltblatt\\_Weinbau\\_2010-2011.pdf](http://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/nach_themen/verlag/kurzinformationen/Faltblatt_Weinbau_2010-2011.pdf). [Stand 28.11.2011, 8.14 Uhr].
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.)(2011):** Daten Deutschland Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Betriebe mit Weinbau, Landwirtschaftszählung / Agrarstrukturerhebung 2010 Fachserie 3 Reihe 2.2.3. Erschienen am 22.12.2011 Hrsg.: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011. In: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Betriebe/Argrarstruktur\\_erhebung2030100109004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Betriebe/Argrarstruktur_erhebung2030100109004.pdf?__blob=publicationFile) [Stand 28.11.2011, 9.45 Uhr].

- STEDEN, C. (1992):** Untersuchungen zum Einfluss der Tropfengröße auf die Belagsbildung und die biologische Wirksamkeit gegen *Oidium tuckeri* Berk. an Reben. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Gießen. In: Geisenheimer Berichte **11**. Hrsg.: Gesellschaft zur Förderung der Forschungsanstalt (heute Hochschule) Geisenheim, 1992.
- SUPP, E. (2009):** Brockhaus Wein. Hrsg.: Brockhaus Verlag, Leipzig/Mannheim.
- THIELSCH, M.T., WELTZIN, S. (2009):** Online-Befragungen in der Praxis. In:  
[http://www.thielsch.org/download/thielsch\\_2009\\_onlinebefragungen.pdf](http://www.thielsch.org/download/thielsch_2009_onlinebefragungen.pdf)  
[Stand: 15.03.2012, 15.56 Uhr].
- THIES GMBH & Co KG (2012):** Thies Clima. Ultrasonic Anemometer 2D. In:  
[www.thiesclima.com/ultrasonic\\_anemometer.html](http://www.thiesclima.com/ultrasonic_anemometer.html) [Stand: 18.08.2012, 15.08 Uhr].
- TREIS, F. (2010):** Was passiert beim Hubschrauber 2010. Die Winzerzeitschrift: 46-47.
- TRILOFF, P. (2011):** Verlustreduzierter Pflanzenschutz im Baumobstbau. Abdriftminimierung und Effizienzsteigerung durch bauformabhängige Dosierung und optimierte Luftführung. Dissertation Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik. Grauer Verlag, Stuttgart.
- TROOST, G. (1988):** Technologie des Weines. 6. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- VIRET, O., SIEGFRIED, W., HOLLIGER, E., RAISIGL, U. (2003):** Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture. Crop Protection **22**: 1023–1032.
- VIRET, O., SIEGFRIED, W., WOHLHAUSER, R. (2005):** Crop adapted spraying in viticulture. Leaf volume dependant fungicide dosage for a precise and ecological application. Book of Abstracts, 8th workshop on spray application techniques in fruit growing, Barcelona: 23-26.
- VOGT, E. (2000):** Weinbau. 8., völlig neubearbeitete Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- VOLLMER, E. (2009):** Bewertung von Weinbau-Sprühgebläsen anhand primärer und sekundärer Leistungskriterien. Masterarbeit. Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I und Hochschule Geisenheim, Institut für Technik, 15.01.2009.
- WALKLATE, P.J., WEINER, K.L., PARKIN, C.S. (1996):** Analysis of and experimental measurements made on a moving air-assisted sprayer with two-dimensional air-jets penetrating a uniform crop canopy. Journal of Agricultural Engineering Research. **63**: 365-378.

- WALKLATE, P.J., CROSS, J.V., RICHARDSON, G.M., BAKER, D.E., MURRAY, R.A. (2003):**  
A generic model of pesticide dose expression: Application to broadcast spraying apple trees.  
Annals of Applied Biology **143**: 11-23.
- WAGENITZ, J. (2012):** mündliche Mitteilung. Mitarbeiter der Ökoweinbauberatung und des  
Rebschutzdienstes am Dienstleistungszentrum ländlicher Raum (DLR), Standort Oppenheim:  
13.02.2012.
- WALG, O. (2007):** Taschenbuch der Weinbautechnik. 2. Auflage. Fachverlag Fraund, Mainz:  
321-398.
- WEBER, N. (2010):** mündl. Mitteilung auf der Pressekonferenz anlässlich des internationalem  
IVIF(Intervitis Interfructa) Kongress 2010 vom 24.-28. März 2010. Neue Messe, Stuttgart.
- WEHINGER, A., SPIES, E.D. (2008):** Geotechnische und bodenkundliche Anforderungen bei  
Querterassierungen. KTBL-Schrift **465**: 13-24. Verlag KTBL, Darmstadt.
- WEINBAUVERBAND MOSEL (Hrsg.)(2012):** Mosel. Daten – Fakten – Strukturen. Stand November 2011.  
In: <http://www.bwv-net.de/downloads/pmstrukturdatennovember2011.pdf>  
[Stand 28.11.2011, 10.28 Uhr].
- WHITNEY, J., SALYANI, M., (1991):** Deposition Characteristics of Two Air-Carrier Sprayers in Citrus  
Trees. Transactions of the ASAE, **34**(1): 15-17.
- WILLNER, S. (1992):** Kosten und Arbeitsaufwand für Traubenerzeugung und Direktvermarktung in  
Winzerbetrieben. Hrsg Fachgebiet Betriebswirtschaft und Marktforschung, Forschungsanstalt  
Geisenheim. Bericht 1/92: 19.
- WOHLFARTH, P. (1998):** Mehrjährige Ernteergebnisse verschiedener Anlage- und  
Erziehungsformen; Der Badische Winzer **3**: 22-26.

## Gesetzestexte und Verordnungen

### **BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (Hrsg.)**

(2005): Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz. Nachhaltiger Landwirtschaft – Vorsorgender Verbraucherschutz – Schutz des Naturhaushalts. Referat 518. In:

[http://www.apug.de/archiv/pdf/BMVEL\\_RedchemPflanzenschutz.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/BMVEL_RedchemPflanzenschutz.pdf)

[Stand 14.08.2012, 11.58 Uhr].

- **EU-VO 852/2002:** Artikel 3
- **EU-VO 852/2004:** Teil A. Artikel 4.
- **EU-VO 178/2002:** Artikel 14.
- **EU VO 178/2002:** Artikel 18.
- **EU-Richtlinie 2009/128/EG:** Absatz 2b

### **GESETZ ZUM SCHUTZ DER KULTURPFLANZEN (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG)**

"Pflanzenschutzgesetz vom 6. Februar 2012 (BGBl. I S. 148)"

- **Abschnitt 2: Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen**

§ 3 Gute fachliche Praxis

- **Abschnitt 4: Anwendung von Pflanzenschutzmitteln**

§ 18 Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Luftfahrzeugen, Absatz 1 bis 8

[http://www.gesetze-im-internet.de/pflschg\\_2012/BJNR014810012.html](http://www.gesetze-im-internet.de/pflschg_2012/BJNR014810012.html)

[Stand, 15.08.2012, 09.05Uhr].

### **WEINGESETZ (WeinG) (1994):** Neugefasst durch Bekanntmachung vom 18.1.2011, (BGBl., S. 3044)

§ 6 Wiederbepflanzungen (Abs. 2, Nr. 1): Steillagendefinition. In:

[http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/weing\\_1994/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/weing_1994/gesamt.pdf)

[Stand, 15.08.2012, 08.36 Uhr].

### **WEINVERORDNUNG (WeinV) (2009):** § 14 Hygienische Anforderungen, Abschnitt 3 Verarbeitung,

neugefasst durch B. v. 21.04.2009 BGBl. I, S. 825. In:

<http://www.buzer.de/gesetz/6206/b16745.htm> [Stand, 17.08.2012, 14.12 Uhr].

## Bilder

Alle ungekennzeichneten Fotografien entstammen dem Archiv des Instituts für Technik an der Hochschule Geisenheim. Aufgenommen durch Eva Vollmer und Hans Störtländer.

# Anhang

## Fragebogen der Praxisumfrage „Pflanzenschutztechnik im Weinbau“

### Einleitungstext

Die Pflanzenschutzstrategie ist besonders in Raumkulturen ein viel diskutiertes Thema, das fast jeden Winzer alle 7 bis 14 Tage vom Austrieb bis kurz vor der Lese zum Grübeln bringt. Dabei gibt es immer wieder Unsicherheit in folgenden Punkten:

Gebläsebauart (Axial, Radial oder Tangentialgebläse), Düsenbestückung (Düsenkaliber, Kegel- oder Flachstrahldüse, Injektordüse), Wasseraufwandmenge, Fahrgeschwindigkeit, Einseitige oder beidseitige Behandlung, Besondere Anforderungen an die Technik im Ökoweinbau, Besonderheiten im Steillagenweinbau

Hierzu gibt es zwar wissenschaftliche Arbeiten und viele Einzelmeinungen, aber ein Gesamtbild aus der Praxis gibt es bislang nicht.

Auf alle diese wichtigen Fragen soll daher im Folgenden eingegangen werden. Denn ein Stück Gewissheit, wie der Pflanzenschutz in anderen Betrieben angegangen wird und welche Ansätze tendenziell gut funktionieren, wäre im Interesse aller Betriebsleiter sehr wünschenswert.

Unter allen, die Ihre Mailadresse angeben möchten lockt übrigens als Preis ein Satz Injektordüsen! Selbstverständlich geschieht nichts weiter mit dieser Mailadresse!!!

Ihre nächsten 10-15 Minuten werden für die Weinbaupraxis sehr erkenntnisreich sein! Veröffentlichung folgt!

Los geht`s...

**Teil 1: Allgemeine Betriebsangaben**

1.: Bitte nennen Sie Ihr Weinbaugebiet

2. Wie groß ist die von Ihnen bewirtschaftete Weinbaufläche?

- a) < 5 ha
- b) 5-10 ha
- c) 10-15 ha
- d) 15-20 ha
- e) > 20 ha

3. Folgende Wirtschaftsweise führen Sie im Weinberg durch:

- a) konventionell
- b) integriert
- c) ökologisch
- d) biodynamisch

4. Welche Reberziehung wenden Sie an?

- a) Normalerziehung Halbbogen
- b) Normalerziehung Flachbogen
- c) Minimalschnitt
- d) Sonstiges

5. Machen Sie bitte Angaben über die Zeilenbreiten Ihrer Anlagen.

6. Bitte machen Sie Angaben über Ihre durchschnittliche Laubwandhöhe.

7. Bitte teilen Sie Ihre "Entlaubungsstrategie" mit.

- a) einseitig
- b) beidseitig
- c) keine Entblätterung
- d) sonstiges

8. Nennen Sie bitte den Schlepper (Hersteller/Typ), der bei Ihnen für den Pflanzenschutz eingesetzt ist:

### 9. Bewirtschaften Sie viele Weinberge mit einer Steigung über 40 %?

(Filterfrage für Steillagenbetriebe)

- a) ja → Filter inaktiv, Teil 2 wird bearbeitet
- b) nein → Filter aktiv automatischer Sprung nach Teil 3

### Teil 2: Sonderfragen zum Steillagenweinbau

10. Bitte machen Sie Angaben über die ungefähre prozentuale Verteilung ihrer Bewirtschaftungsflächen.

	25 %	50 %	75 %	100 %
Direktzug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steillagen (ohne Seil) oder befahrbare Querterrassierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steillagen (mit Seil)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lauffterrassen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Wie bewerkstelligen Sie den maschinell durchgeführten Pflanzenschutz?

<input type="checkbox"/>	SMS
<input type="checkbox"/>	RMS (eigen)
<input checked="" type="checkbox"/>	RMS (Lohn)
<input checked="" type="checkbox"/>	Hubschrauber
<input type="checkbox"/>	Schlauchspritzung
<input type="checkbox"/>	Sonstiges: <input type="text" value="Rückenspritze"/>

12. Wie hoch ist die Flächenleistung, die Sie an einem Arbeitstag (8 Stunden reine Arbeitszeit) mit Ihrer Pflanzenschutztechnik erbringen können?

x ha.

13. Welche Alternativen zum Pflanzenschutz sehen Sie, wenn das EU-weite Hubschrauberverbot am 31.12.2011 eintritt, und Teile Ihrer Flächen davon betroffen sind?

14. Wie räumen Sie Chancen des Steillagen-Vollernters ein?

→ Probanden bedienen eine Schiebeskala von gut nach schlecht

**15.** Könnten Sie sich den Steillagenvollernter-Einsatz auf Ihren Flächen vorstellen?

- a) ja
- b) nein

**16.** Auf wie viel Prozent Ihrer Flächen wäre es von der Befahrbarkeit her theoretisch möglich den "Vollernter" arbeiten zu lassen (gut befahrbare Zuwege, mind. 5,5 m Wendemöglichkeit)?

x %.

**17.** Wie groß ist der Anteil Ihrer Flächen, die brach liegt, bei denen eine Bewirtschaftung in den nächsten 10 Jahren voraussichtlich nicht möglich ist?

x %.

**18.** Würden Sie diese Brachflächen wieder rekultivieren, wenn es hierfür eine schlagkräftige Mechanisierungslösung gäbe?

- a) ja
- b) nein

### **Teil 3: Angaben zum Pflanzenschutzgerät**

**19.** Nennen Sie bitte das Fabrikat mit dem Sie Pflanzenschutz betreiben (Hersteller, Typ). Wählen Sie für die Angaben Ihre "Hauptspritze" aus, die die meisten Flächen abdeckt.

**20.** Welche Gebläseart liegt vor?

- a) Axial
- b) Radial
- c) Tangential
- d) keines (ohne Luftunterstützung)

**21.** Verwenden Sie abdriftmindernde Düsen (Injektordüsen)?

- a) ja
- b) nein

**22.** Wie viele Düsen sind bei Ihnen bei voller Belaubung geöffnet?

x Düsen.

**23.** Ist die gesamte Laubwand mit einem Düsenkaliber abgedeckt, oder bestücken Sie den Düsenstock gemischt?

- a) Es wird ein Kaliber verwendet
- b) In der Traubenzone wird ein größeres Kaliber verwendet
- c) In der Traubenzone wird ein kleineres Kaliber verwendet
- d) In der Gipfelzone werden andere Kaliber verwendet

**24.** Verwenden Sie Überzeilentechnik

- a) ja
- b) nein

**25.** Wenn ja, ist diese luftunterstützt?

- a) ja
- b) nein

**26.** Gibt es sonstige Zusatzeinrichtungen an Ihrem Pflanzenschutzgerät?

- a) Recyclingtechnik
- b) Sensortechnik
- c) 2-Phasen-Technik
- d) Sonstiges:

**Teil 4: Angaben zur Pflanzenschutzstrategie**

**27.** Mit welcher Geschwindigkeit führen Sie Ihre Pflanzenschutzmaßnahme durch?

- a)  $\leq 4$  km/h
- b) 5 km/h
- c) 6 km/h
- d) 7 km/h
- e) 8 km/h
- f) 9 km/h
- g) schneller

**28.** Mit welcher Zapfwellendrehzahl fahren Sie?

- a) 350 U/min
- b) 400 U/min
- c) 450 U/min
- d) 500 U/min
- e) 540 U/min
- f)  $> 540$  U/min

**29.** Wenn Ihr Gebläse hydraulisch betrieben wird, mit welcher Ölmenge (L/min) fahren Sie?

x Liter.

**30.** Sofern das Gebläse stufenverstellbar ist, welche Stufe wenden Sie an?

- a) Stufe 1
- b) Stufe 2

**31.** In der Regel fahren Sie in den Spritzabständen von...

- a) 5-7 Tagen
- b) 8-10 Tagen
- c) 11-14 Tagen
- d)  $> 14$  Tagen

**32. Welche Strategie wenden Sie an?**

<input type="checkbox"/>	befahren jeder Reihe, komplette Vegetation
<input type="checkbox"/>	jede zweite Zeile vor der Blüte, ab Blüte jede Zeile
<input checked="" type="checkbox"/>	jede zweite Zeile durchgehend
<input checked="" type="checkbox"/>	Sonstiges: <input type="text" value="Abschlussspritzung jede"/>

**33.** Nennen Sie bitte die tatsächliche Wasseraufwandmenge pro Hektar die Sie bei voller Belaubung maximal aufbringen.

x Liter/Hektar.

**34.** Sind Sie mit der optisch feststellbaren Belagsqualität ihrer Spritze zufrieden?

- a) sehr zufrieden
- b) weniger zufrieden
- c) nicht zufrieden

**35.** Haben Sie in den letzten 5 Jahren nennenswerten Oidiumbefall in Ihren Anlagen festgestellt?

- a) ja
- b) nein

**36.** Machen Sie ungefähre Angaben über die Stärke des Befalls in unterschiedlichen Wirtschaftsjahren.

	sehr starker Befall	schwacher Befall	kein Befall
2011	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2010	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2009	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2008	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2007	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2006	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**37.** Haben Sie in den letzten 5 Jahren nennenswerten Peronosporabefall in Ihren Anlagen festgestellt?

- a) ja
- b) nein

**38.** Machen Sie bitte auch hier Angaben zur Befallsstärke.

Vgl. Antwortstruktur Frage 36.

**39.** Haben Sie vor in der nächsten Zeit eine neue Weinbauspritze anzuschaffen, wenn ja welche?

**40.** Hier ist Platz für Ihre Anmerkungen und Ergänzungen. Für jede weitere Angabe sind wir natürlich dankbar!

Wenn Sie Lust haben, geben Sie Ihre Mailadresse an. Der Satz Injektordüsen wird unter allen Teilnehmern verlost. Wer keine Adresse angeben möchte, muss dies auch nicht tun!

### **Schlussformel**

Vielen Dank, dass Sie sich Zeit genommen haben und ich hoffe wir können mit dieser Umfrage demnächst etwas Licht ins dunkle Kapitel des Pflanzenschutzes bringen

Viele Grüße und ein **krankheitsfreies** Weinjahr 2012!

Eva Vollmer

## Kodierschemata für die Übertragung der Fragebögen in SPSS

Tab. A1: Kodierung der Fragestellungen zur Pflanzenschutzumfrage in Variablenlabels, Fragen 1-18.

Frage	Frage ausnotiert	Variablenlabel
	<b>Kategorie: Allgemeine betriebliche Angaben (Struktur, Wirtschaftsweise)</b>	
1	Bitte nennen Sie Ihr Weinbaugebiet:	AnbauG
2	Wie groß ist die von Ihnen bewirtschaftete Weinbaufläche?	HA
3	Folgende Wirtschaftsweise führen Sie im Weinberg durch:	WiWei
4	Welche Reberziehung wenden Sie an?	ERZ
5	Machen Sie bitte Angaben über die Zeilenbreiten Ihrer Anlagen	ZB
6	Bitte machen Sie Angaben über Ihre durchschnittliche Laubwandhöhe	LH
7	Bitte teilen Sie Ihre „Entlaubungsstrategie“ mit.	LAUB
8	Nennen Sie bitte den Schlepper (Hersteller/Typ), der bei Ihnen für den Pflanzenschutz eingesetzt ist:	TRA
9	Bewirtschaften Sie Weinberge mit einer Steigung über 40 %? (Filterfrage!)	40%
	<b>Kategorie: Sonderteil Steillagenweinbau (Kennung: „ST“)</b>	
10	Bitte machen Sie Angaben über die ungefähre prozentuale Verteilung ihrer Bewirtschaftungsflächen:	ST%FI
11	Wie bewerkstelligen Sie den maschinell durchgeführten Pflanzenschutz?	STmasch
12	Wie hoch ist die Flächenleistung, die Sie an einem Arbeitstag (8 h reine Arbeitszeit) mit Ihrer Pflanzenschutztechnik erbringen können	STleist
13	Welche Alternativen zum Pflanzenschutz sehen Sie, wenn das EU-weite Hubschrauberverbot vom 31.11.2011 eintritt?	STalt
14	Wie räumen Sie die Chancen des Steillagen-Vollernters ein?	STVE
15	Können Sie sich den Steillagenvollernter-Einsatz auf Ihren Flächen vorstellen?	STVEein
16	Auf wie viel Prozent Ihrer Flächen wäre es von der Befahrbarkeit her theoretisch möglich den „Vollernter“ arbeiten zu lassen (Gut befahrbare Zuwege, mind. 5,5 m Wendemöglichkeit)?	STVE%
17	Wie groß ist der Anteil Ihrer Flächen, die brach liegen, bei denen eine Bewirtschaftung in den nächsten 10 Jahren voraussichtlich nicht möglich ist?	STbrach
18	Würden Sie diese Brachflächen wieder rekultivieren, wenn es hierfür eine schlagkräftige Mechanisierungslösung gäbe?	STrek

Tab. A2: Kodierung der Fragestellungen zur Pflanzenschutzumfrage in Variablenlabels, Fragen 19-39.

Frage	Frage ausnotiert	Variablenlabel
	<b>Kategorie: Gerätetechnik und Düsenausstattung</b>	
19	Nennen Sie bitte das Fabrikat mit dem Sie Pflanzenschutz betreiben (Hersteller/Typ) Wählen Sie hierbei Ihre „Hauptspritze“ aus, die die meisten Flächen abdeckt	SPRITZ
20	Welche Gebläseart liegt vor?	GEBL
21	Verwenden Sie abdriftmindernde Düsen (Injektordüsen)?	INJ
22	Wie viele Düsen sind bei Ihnen bei voller Belaubung geöffnet?	DÜS
23	Ist die gesamte Laubwand mit einem Düsenkaliber abgedeckt, oder bestücken Sie den Düsenstock gemischt?	DÜSSatz
24	Verwenden Sie Überzeilentechnik?	ÜZ
25	Wenn ja, ist diese luftunterstützt?	ÜZluft
26	Gibt es sonstige Zusatzeinrichtungen an Ihrem Pflanzenschutzgerät?	ZUS
	<b>Kategorie: Durchführung des Pflanzenschutzes</b>	
27	Mit welcher Geschwindigkeit führen Sie Ihre Pflanzenschutzmaßnahme durch?	KMH
28	Mit welcher Zapfwendrehzahl fahren Sie?	ZW
29	Wenn Ihr Gebläse hydraulisch betrieben wird, mit welcher Ölmenge (l/min) fahren Sie?	ÖL
30	Sofern Ihr Gebläse stufenverstellbar ist, welche Stufe wenden Sie an?	STUFE
31	In der Regel fahren Sie in den Spritzabständen von...	TAGE
32	Welche Strategie wenden Sie an?	STRAT
33	Nennen Sie bitte die tatsächliche Wasseraufwandmenge pro Hektar, die Sie bei voller Belaubung maximal ausbringen:	H2O
	<b>Kategorie: Subjektiver Behandlungserfolg</b>	
34	Sind Sie mit der optisch feststellbaren Belagsqualität Ihrer Spritze zufrieden?	OPTIK
35	Haben Sie in den letzten 5 Jahren nennenswerten Oidiumbefall in Ihren Anlagen festgestellt?	OID
36	Machen Sie ungefähre Angaben über die Stärke des Befalls in unterschiedlichen Wirtschaftsjahren:	OIDst
37	Haben Sie in den letzten 5 Jahren nennenswerten Peronosporabfall in Ihren Anlagen festgestellt?	PERO
38	Machen Sie bitte auch hier Angaben zur Befallsstärke	PEROst
39	Haben Sie vor in der nächsten Zeit eine neue Weinbauspritze anzuschaffen, wenn ja welche?	NEU

Tab. A3: Kodierung der Antwortmöglichkeiten zur Pflanzenschutzumfrage in Wertelabels, Teil 1.

Variablenlabel	Wertelabel								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
AnbauG		gesondert							
HA		< 5	5-10	10-15	15-20	>20			
WiWei		Konventionell	Integriert	Ökologisch	Bio.Dynamisch				
ERZ		Flachbogen	Halbbogen	Minimalschnitt	Kordon	Umkehr	Pfahl/ Vertiko		
ZB		„standard“ 1,70 - 2,30 m	„schmal“ 1,60 - 2,10 m	„eng“ < 1,60 m	„weit“ > 2,50				
LH		1,00 – 1,10 m	1,20 – 1,30 m	1,40 – 1,50 m	< 1,00 m	> 1,50			
LAUB		beidseitig	einseitig	keine	manuell				
TRA		gesondert							
40%		ja	nein						
ST%FI		gesondert							
STmasch		SMS	RMS (eigen)	RMS (Lohn)	Hubschrauber	Schlauch/ Rücken	Traktor/ Raupe		
STleist		1 – 4 ha	5 – 9 ha	10 – 15 ha	16 – 20 ha	21 – 30 ha	31 – 40 ha	41 – 50 ha	> 50 ha
STalt			Schlauch	Egal, nicht betreffen	Rodung	Ausnahme	Piwis	Ungläubig	Querbau
STVE		Eher gut 0 – 30	Mittel 30 - 70	Eher schlecht 70 - 100					
STVEein		ja	nein						
STVE%	0 %	≤ 25 %	≤ 50 %	≤ 75 %	≤ 100 %				
STbrach	0 %	≤ 25 %	≤ 50 %	≤ 75 %	≤ 100 %				
STrek		ja	nein						
SPRITZ		gesondert							
GEBL		Axial	Radial	Tangential	Ohne Luft				
INJ		ja	nein						
DÜS				3	4	5	6	7	8
DÜSsatz		Ein Kaliber	TZ größer	GZ andere	TZ kleiner	Angepasst			

**Tab. A4:** Kodierung der Antwortmöglichkeiten zur Pflanzenschutzumfrage in Wertelabels, Teil 2.

Variablenlabel	Wertelabel								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ÜZ		ja	nein						
ÜZluft		ja	nein						
ZUS		Recycling	Sensor	2-Phasen					
KMH		≤ 4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	9 km/h	> 9 km/h	
ZW		350 U/min	400 U/min	450 U/min	500 U/min	540 U/min	größer		
ÖL	Keine Ahnung	10 l/min	15 l/min	20 l/min	25 l/min	30 l/min	35 l/min	40 l/min	50 l/min
STUFE		Stufe 1	Stufe 2						
TAGE		5-7 Tage	8-10 Tage	11-14 Tage	> 14 Tage				
STRAT		Jede Zeile	Ab Blüte jede	Jede Zweite					
H2O	Werte								
OPTIK		Sehr zufrieden	zufrieden	Weniger zufrieden	Nicht zufrieden				
OID		Ja	Nein						
OIDst	Kein Befall	Schwacher Befall	Starker Befall						
PERO		Ja	Nein						
PEROst	Kein Befall	Schwacher Befall	Starker Befall						
NEU		Axial	Radial	Tangential	Ohne Luft				

**Tab. A5:** Kodierung der Fragen mit mehr als acht Antwortmöglichkeiten in Wertelabels.

Wertelabel	Anbaugesbiet	Schleppermarke	Spritzentyp
1	Ahr	Bergmeister	GB Unigreen (Händler Mosel)
2	Baden	Blanc Raupe	Geier (Lochmann G24)
3	Franken	Bungartz	Holder (Inbegriffen Platz, Favaro)
4	Hessische Bergstraße	Cararo	Jacoby
5	Mittelrhein	Case	Lipco
6	Mosel	Claas	Lochmann
7	Nahe	Deutz	Niko
8	Pfalz	Dexheimer	Rückenspritze
9	Rheingau	Eicher	Schlauchleitung
10	Rheinhausen	Fendt	Solo Minor
11	Saale-Unstrut	Fiat	Vicar
12	Sachsen	Geier	Wanner (Mayers)
13	Württemberg	Gregoir	Weber
14		Heli	Sonstige (Dragone, Tiffone, Mitterer, Florida...)
15		Holder	
16		Hürlimann	
17		International	
18		Itma	
19		John Deere	
20		Krieger	
21		Lamborgini Raupe	
22		Landini	
23		Massey Ferguson	
24		New Holland	
25		Niko	
26		Renault	
27		RMS	
28		Rückenspritze	
29		Sauerburger	
30		SMS	
31		Steyr	
32		Same	
33		Solo Minor	

**Tab. A6:** Anbaugbietsspezifische Gliederung der Umfrageteilnehmer in Direktzug- und Steillagbetriebe.

Kreuztabelle geordnet nach „Anbaugbiet“ und „Steillagenfilter“			Steillagenbetrieb		Gesamt
			ja	nein	
Anbaugbiet	Ahr	Anzahl	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>17</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	<b>88,2*</b>	11,8	100
	Baden	Anzahl	<b>19</b>	<b>73</b>	<b>92</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	20,7	79,3	100
	Franken	Anzahl	<b>23</b>	<b>50</b>	<b>73</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	31,5	68,5	100
	Hessische Bergstraße	Anzahl	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>28</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	17,9%	82,1	100,0%
	Mittelrhein	Anzahl	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>21</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	<b>100*</b>	0,0	100
	Mosel	Anzahl	<b>141</b>	<b>49</b>	<b>190</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	<b>74,2*</b>	25,8	100
	Nahe	Anzahl	<b>9</b>	<b>38</b>	<b>47</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	19,1	80,9	100
	Pfalz	Anzahl	<b>2</b>	<b>124</b>	<b>126</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	1,6	98,4	100
	Rheingau	Anzahl	<b>17</b>	<b>54</b>	<b>71</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	23,9	76,1	100
	Rheinhessen	Anzahl	<b>6</b>	<b>292</b>	<b>298</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	2	98	100
	Saale-Unstrut	Anzahl	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	28,6	71,4	100,0
	Sachsen	Anzahl	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	37,5	62,5	100
	Württemberg	Anzahl	<b>57</b>	<b>44</b>	<b>101</b>
		innerhalb von Anbaugbiet [%]	<b>56,4*</b>	43,6	100
	<b>Gesamt</b>	Anzahl	<b>320</b>	<b>759</b>	<b>1079</b>
		innerhalb aller Anbaugbiete [%]	<b>29,7</b>	<b>70,3</b>	<b>100</b>

\* Gelbe Markierung: Weinanbaugbiete mit überdurchschnittlich hoher Steillagenquote.

## **Ausgewählte Kommentare zur Pflanzenschutzumfrage**

### **1. Steillagenwinzer über Konsequenzen nach Eintreten des Hubschrauberverbotes:**

- Sofortige Aufgabe aller Steillagen.
- Wer bezahlt die Mehrarbeit? Viele Flächen werden bestimmt stillgelegt. Quo vadis Steillagenlandschaft.
- Hubschrauberverbot in Steilstlagen ist aus arbeitswirtschaftlichen und wirtschaftlichen Gründen nicht hinnehmbar.
- Tod des Unternehmens.
- Beim derzeitigen Stand und Anzahl der Lohnbetriebe und Auslastung würde ein Hubschrauberverbot weitreichende Konsequenzen nach sich ziehen. Sprich unkontrollierbare, akute Risiken für die breite Masse der Flächenbesitzer besonders der Klein und Nebenerwerbs-Betriebe, die durch den Einsatz des Hubschraubers die Möglichkeit behalten, ihre Steiflächen und unser Landschaftsbild damit für das Wohl und die Lebensqualität in unserern Dörfern zu erhalten. Ein Helikopterverbot wäre nach meiner persönlichen Meinung ein Rückschritt in das Ende der sechziger Jahre.
- Dicke Waden.
- Abholzen.
- Hubschrauber darf über den 31.12.2011 hinaus fliegen!!!
- Ich nehme an, dass dann es große Probleme gibt mit den ganzen Krankheiten (Pilze) oder es werden sogar einige den Betriebe schließen. Wir an der Bergstraße sind davon zum Glück nicht betroffen!
- Der Hubschrauber m u ß bleiben, um an der Mosel die Arbeitsspitze im Sommer zu brechen und um in der wichtigsten Zeit den Infektionsdruck zu minimieren.
- Ohne Hubschrauber ist der Steilhang fast tot.

**2.: Steillagenwinzer über Alternativen zur Hubschrauberapplikation:**

- Es gibt bislang noch keine Alternativen, die zumutbar wären.
- ...Keine!!! Aufgabe des Nebengewerbes. Das werden viele Kollegen im Ort machen. Verwilderung der Landschaft ist die Folge.
- Keine - woher Arbeitskräfte nehmen?
- !!!keine und deswegen müssen wir für den Hubschrauber kämpfen!!!!
- Keine, Hubschrauber ist ein absolutes Muss!!!!

**3. Steillagenwinzer über Pflanzenschutz im Steilhang:**

- Peronospora wird bei den sich entwickelnden Witterungsbedingungen vor allem in den Steillagen mit geringer Mechanisierbarkeit zum echten Problem: Juni 2009 Juli 2011 (nass, kalt, keine man-power (zweiter Mann), wenn es Not tut).
- O.g. Angaben zum Befall beziehen sich auf Flachlagen mit eigener Spritzung. Steillagen mit Hubschrauber wiesen in den letzten Jahren deutlich Oidium und Peronospora je nach Lage auf! Zwischenspritzungen von Hand/RMS notwendig.
- Die "Helikopterspritzung" mit 70 l/ha setzt eine perfekte Applikationstechnik mit großer Windunterstützung voraus. Es gibt sehr wenig Abdrift und wir reduzieren die angegebene Wirkstoffmenge um 30 %.
- Die Weinberge, die ich selbst spritze, sind sauber. Kritisch sind immer nur die Hubschrauberlagen.
- Winzer brauchen nicht die Angabe XY Liter/ ha, das ist bei allen PSM-Applikationen das Problem. Man braucht dringender Liter bzw. kg pro laufende Meter Laubwand. Nur hieraus lässt sich die richtige Fahrgeschwindigkeit im Steilhang bestimmen, da viele Zeilenbreiten unterschiedlich sind und von 1,30 m bis 2 m wechseln. Oft von Parzelle zu Parzelle.
- Pflanzenschutz im Steilhang ist nach wie vor kritisch, v.a. Anwender sind PSM ausgesetzt.

- Es könnte mal mehr an die klein- und Steillagenwinzer gedacht werden und Strategien für Sie entwickelt werden die in einen wirtschaftlichen Rahmen sind. So z.B. geeignete Verpackungen von PSM.

#### **4.: Steillagenwinzer über allgemeine Situation von Steillagen und den Steillagenvollernter:**

- Die EU ist mit Ihrem Regelungswahn und Bürokratismus ein Mörder der landschaftlichen Region sowie deren Kultur. Nur Menschen mit Idealismus und marktmäßigem Handeln werden diesen Subventionssumpf überleben. Kein vernünftiger Mensch will an diesem Subventionstropf hängen. Vernünftiges Geld für gute und hart erarbeitete Ware!! Zum Thema Vollernter im Steilhang: Eine Totgeburt, die an der Mosel die Genossenschaftsmitglieder der Moselland-Kellerei letzten Endes viel Geld gekostet hat. Mögen die Herren der Firma Laible & Co auch viel Eu-Gelder bekommen haben, so spricht kaum noch einer über diesen Witz.
- Meiner Meinung ist der Traubenvollernter, so wie er jetzt konzipiert ist, zu schwer. Dieser wird sich in den Steillagengebieten nicht durchsetzen. Wenn die Hubschrauberspritzung verboten wird, werden alle nicht flurbereinigten Gebiete gerodet.
- Für den Steillagenvollernter sehe ich aufgrund des großen Platzbedarfs auf der Straße kaum eine Chance. Die Breite der Wege in den Steillagen dürfte an der Mosel wie auch in anderen Weinanbaugebieten zu gering sein. Man sollte hier überlegen ob man auf dem richtigen Weg ist..

#### **5.: Direktzug- und Steillagenwinzer über Behandlungserfolg und Misserfolg:**

- Peronosporabefall resultiert aus zu frühem Spritzende.
- Einer der Hauptfaktoren im Ökologischen Pflanzenschutz ist die Konsequenz alle 6-8 Tage zu fahren und vor allem genügend Wasser auszubringen. Nur dies sichert meiner Meinung nach einen ausreichenden protektiven und präventiven Belag, der auch in vegetativ starken Jahren dem Pilzdruck über die Vegetation standhält. Schlagkraft im Bezug auf die eigene Fläche ist alles.

- Zusammenfassend: 12-13 km/h, 17-19 bar, Überzeilengestänge, 1.800 bzw. 2.000 Literfass reicht für 6-7 ha geht schnell, funktioniert gut.
- Wichtiger als die Technik, ist der richtige Zeitpunkt, denke ich. Folglich muss man seine Anlagen sehr gut im Auge behalten, um Zeit und Geld zu sparen - besonders im ökologischen Weinbau. Bei der Technik ist meiner Meinung nach die Luftführung über die gesamte Laubwandhöhe wichtiger als die Auswahl Radial- oder Axialgebläse. Die Luftführung des Tangentialgebläses ist anzustreben.
- Ich wundere mich immer wieder selber, dass keine Probleme auftreten. Der Spritztermin ist entscheidend, nicht die Hightech-Technik.
- Der Haupt-Peronosporabefall bezieht sich in der Regel auf die Obere Laubwand am Ende der Vegetationszeit (Spätbefall).
- Bei der Wahl der Pflanzenschutzmittel wird darauf geachtet, möglichst nicht 2-mal denselben Wirkstoff hintereinander anzuwenden.
- Mich würde sehr interessieren, ob beim Befahren jeder Reihe viel Luft oder eher vielleicht weniger Luft ein besseres Ergebnis erzielt?! Fahre selbst nie mit vollen 540 U/min, eher 480 U/min.
- Ich bin der Meinung wesentlicher Befall ist fast ausschließlich auf zu lange Spritzabstände zurückzuführen. Diese Erfahrung habe ich in den letzten Jahren häufig gemacht.
- Bei aller Diskussion von Spritztechnik ist es aber meiner Meinung nach viel wichtiger den richtigen Zeitpunkt für Pflanzenschutz zu treffen, d.h. jeder Betriebsleiter sollte wissen, wann ist meine Rebe anfällig, wann kann ich mit Infektion rechnen und welche Witterungseinflüsse fördern eine Infektion (Bsp. Verknüpfung Getreideernte und Oidium).

**6.: Direktzug- und Steillagenwinzer über Gerätetechnik:**

- Schreiben sie eine Überzeilenspritze doch bitte gesetzlich vor, dann bekomme ich auch eine. Danke.
- Es ist schade, dass die Recyclingtechnik so wenig Förderung (auch von Seiten der Officialberatung) erfährt!! Es steckt noch sehr viel Potential in dieser Technik, die es wert ist weiter entwickelt zu werden.
- Viele Forderungen: Düsenfunktionsüberwachung, Innenreinigung
- Automatische Fahrgeschwindigkeitsabhängige Dosierung und Spritzcomputer sollten zur Regel werden (siehe Ackerbau).
- Die Betriebsfläche wird immer größer und somit muss die Schlagkraft im Pflanzenschutz erhöht werden. In dieses Thema greifen Fahrgeschwindigkeit, Überzeilengeräte, Wasseraufwand und die Zurückgewinnung von Pflanzenschutzmitteln. Derzeit ist kein Gerät am Markt, das den Forderungen an ein modernes Pflanzenschutzgerät gerecht werden kann. Wir arbeiten mit den Herstellern zusammen um Geräte zu optimieren, aber die Fortschritte sind sehr bescheiden.

**Tab. A7:** Exemplarischer Excel-Auswertungsbogen der Blattbelagsmessungen anhand des 2-Zonen-Modells mit photometrischen Skalenmesswerten und daraus generierten Belagsmassen in  $\mu\text{g cm}^2$  (Ausschnitt). Unten sind die Mittelwerte (MW) und die daraus gebildeten Variationskoeffizienten (VK) für Zone 1 und Zone 2 angegeben.

Blattbelag										FILE:	Rinklin			
Variante:		V1									350 U/min			
BOS					BUS									
Eichwert:		1,00			mg/l		1000,0			Eichwert:		1,00	mg/l	1000,0
Korrekturfaktor:					1,00					Korrekturfaktor:		1,00		
Meßbereichsfaktor:					1,00					Meßbereichsfaktor:		1,00		
Meßwert	Meßwert	Abw.fl. ml	Fläche $\text{cm}^2$	Belag $\mu\text{g/cm}^2$	Meßwert	Meßwert	Abw.fl. ml	Fläche $\text{cm}^2$	Belag $\mu\text{g/cm}^2$					
Nr.					Nr.									
Z1-1	47	10	5	0,094	Z1-1	58	10	5	0,116					
Z1-2	596	10	5	1,192	Z1-2	709	10	5	1,418					
Z1-3	862	10	5	1,724	Z1-3	455	10	5	0,910					
Z1-4	75	10	5	0,150	Z1-4	111	10	5	0,222					
Z1-5	66	10	5	0,132	Z1-5	453	10	5	0,906					
Z1-6	265	10	5	0,530	Z1-6	97	10	5	0,194					
Z1-7	818	10	5	1,636	Z1-7	73	10	5	0,146					
Z1-8	715	10	5	1,430	Z1-8	682	10	5	1,364					
Z1-9	100	10	5	0,200	Z1-9	526	10	5	1,052					
Z1-10	405	10	5	0,810	Z1-10	53	10	5	0,106					
Werte Z1-11 bis Z1-50 ausgespart														
Z2-1	39	10	5	0,078	Z2-1	54	10	5	0,108					
Z2-2	417	10	5	0,834	Z2-2	270	10	5	0,540					
Z2-3	554	10	5	1,108	Z2-3	273	10	5	0,546					
Z2-4	331	10	5	0,662	Z2-4	528	10	5	1,056					
Z2-5	109	10	5	0,218	Z2-5	93	10	5	0,186					
Z2-6	912	10	5	1,824	Z2-6	69	10	5	0,138					
Z2-7	53	10	5	0,106	Z2-7	164	10	5	0,328					
Z2-8	952	10	5	1,904	Z2-8	87	10	5	0,174					
Z2-9	556	10	5	1,112	Z2-9	168	10	5	0,336					
Werte Z2-10 bis Z2-46 ausgespart														
Z2-47	636	10	5	1,272	Z2-47	765	10	5	1,530					
Z2-48	909	10	5	1,818	Z2-48	61	10	5	0,122					
Z2-49	649	10	5	1,298	Z2-49	161	10	5	0,322					
Z2-50	117	10	5	0,234	Z2-50	274	10	5	0,548					
<b>Z1</b>				<b>MW=</b>	<b>0,682</b>	<b>Z1</b>				<b>MW=</b>	<b>0,420</b>			
				<b>VK=</b>	<b>96,6</b>					<b>VK=</b>	<b>128,5</b>			
<b>Z2</b>				<b>MW=</b>	<b>0,724</b>	<b>Z2</b>				<b>MW=</b>	<b>0,420</b>			
				<b>VK=</b>	<b>73,1</b>					<b>VK=</b>	<b>129,1</b>			
				MW ( $\mu\text{g/cm}^2$ )	0,703					MW ( $\mu\text{g/cm}^2$ )	0,402			
				VK (%)	94,0					VK (%)	97,1			

## Beurteilung des Signifikanzniveaus hinsichtlich der Blattbelagsbildung und des Penetrationsverhaltens verschiedener Sprühgebläse

**Tab. A8:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe: „Mosel 2010“, n = 100 je Blattseite.

Rinklin v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
<b>RMS</b>	Zone 1	0,008	0,003
	Zone 2	0,001	<b>0,065</b>
	gesamt	0,000	0,001
<b>SMS</b>	Zone 1	<b>0,479</b>	<b>0,070</b>
	Zone 2	0,000	0,001
	gesamt	0,000	0,000
<b>ZA 24</b>	Zone 1	<b>0,070</b>	0,040
	Zone 2	0,003	<b>0,095</b>
	gesamt	0,002	0,008

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Belagsverhalten der Sprühgeräte in der jeweiligen Laubzone hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

**Tab. A9:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe: „Geisenheim 2011“, n = 100 je Blattseite.

Rinklin_350 v.s.		BUS	BOS	Rinklin_450 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=			p=	p=
<b>Rin_450</b>	Zone 1	<b>0,756</b>	<b>0,702</b>	<b>Rin_540</b>	Zone 1	<b>0,177</b>	0,011
	Zone 2	<b>0,303</b>	<b>0,312</b>		Zone 2	<b>0,328</b>	<b>0,846</b>
	gesamt	<b>0,596</b>	<b>0,629</b>		gesamt	<b>0,103</b>	<b>0,062</b>
<b>Rin_540</b>	Zone 1	<b>0,353</b>	0,011	<b>ZA 24</b>	Zone 1	0,001	0,000
	Zone 2	<b>0,058</b>	<b>0,378</b>		Zone 2	<b>0,920</b>	<b>0,286</b>
	gesamt	<b>0,044</b>	<b>0,217</b>		gesamt	0,023	0,000
<b>ZA 24</b>	Zone 1	0,004	0,000	<b>Tec_innen</b>	Zone 1	<b>0,979</b>	0,008
	Zone 2	<b>0,410</b>	<b>0,983</b>		Zone 2	<b>0,168</b>	0,001
	gesamt	0,009	0,000		gesamt	<b>0,304</b>	0,000

Rinklin_540 v.s.		BUS	BOS	Vectis "innen" v.s.		BUS	BOS
		p=	p=			p=	p=
<b>ZA 24</b>	Zone 1	0,040	0,000	<b>Vec "außen"</b>	Zone 1	<b>0,427</b>	<b>0,150</b>
	Zone 2	<b>0,330</b>	<b>0,348</b>		Zone 2	<b>0,166</b>	<b>0,201</b>
	gesamt	<b>0,481</b>	0,001		gesamt	<b>0,103</b>	<b>0,952</b>

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Belagsverhalten der Sprühgeräte in der jeweiligen Laubzone hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

**Tab. A10:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe „Geisenheim 2012“, n = 120 je Blattseite.

StGT_4 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
StGT_5	Zone 1	0,002	0,043
	Zone 2	<b>0,508</b>	<b>0,955</b>
	gesamt	<b>0,120</b>	<b>0,139</b>
RMS_17.07.12	Zone 1	0,000	0,000
	Zone 2	<b>0,341</b>	0,004
	gesamt	0,000	0,000
RMS_25.07.12	Zone 1	0,000	0,000
	Zone 2	<b>0,510</b>	0,022
	gesamt	0,006	0,000

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Belagsverhalten der Sprühgeräte in der jeweiligen Laubzone hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

**Tab. A11:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung unterschiedlicher Sprühgeräte. Versuchsreihe „Geisenheim Minimalschnitt 2012“, n = 90 je Blattseite.

Rin_450 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
Rin_540	Zone 1	<b>0,364</b>	<b>0,249</b>
	Zone 2	<b>0,368</b>	<b>0,263</b>
	Zone 3	<b>0,088</b>	0,023
	gesamt	<b>0,263</b>	<b>0,421</b>
ZA 24_400	Zone 1	<b>0,559</b>	0,000
	Zone 2	<b>0,273</b>	0,001
	Zone 3	0,024	0,001
	gesamt	<b>0,849</b>	0,000
ZA 24_540	Zone 1	<b>0,682</b>	0,068
	Zone 2	<b>0,584</b>	0,006
	Zone 3	<b>0,061</b>	0,007
	gesamt	<b>0,265</b>	0,011

ZA 24_540 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
Rin_540	Zone 1	<b>0,444</b>	<b>0,404</b>
	Zone 2	<b>0,711</b>	0,051
	Zone 3	<b>0,862</b>	<b>0,844</b>
	gesamt	<b>0,937</b>	<b>0,064</b>
ZA 24_400	Zone 1	<b>0,140</b>	0,000
	Zone 2	<b>0,872</b>	0,024
	Zone 3	<b>0,372</b>	<b>0,274</b>
	gesamt	<b>0,403</b>	0,001

**Tab. A12:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte auf der Blattoberseite (BOS) und Blattunterseite (BUS) zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit der Belagsbildung bei Gerätemessungen mit differierendem Untersuchungszeitpunkt. Das Rinklingerät mit einer Zapfwelldrehzahl von  $450 \text{ min}^{-1}$  (Rin\_450) und die STGT-Varianten mit vier oder fünf Fächern werden auf Grund der übereinstimmenden Läuferdrehzahl als gleichwertige Geräte gegenüber gestellt.

ZA 24_2010 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
ZA 24_2011	Zone 1	<b>0,709</b>	0,000
	Zone 2	<b>0,241</b>	<b>0,682</b>
	gesamt	<b>0,720</b>	0,001

RMS_17.07.2012 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
RMS_25.07.2012	Zone 1	<b>0,701</b>	<b>0,510</b>
	Zone 2	<b>0,070</b>	<b>0,573</b>
	gesamt	<b>0,227</b>	<b>0,390</b>
RMS_2010	Zone 1	0,000	0,000
	Zone 2	0,001	0,000
	gesamt	0,000	0,000

Rin_450_2011 v.s.		BUS	BOS
		p=	p=
StGT_4_2012	Zone 1	0,015	<b>0,127</b>
	Zone 2	<b>0,199</b>	<b>0,621</b>
	gesamt	<b>0,402</b>	<b>0,505</b>
StGT_5_2012	Zone 1	<b>0,415</b>	<b>0,640</b>
	Zone 2	<b>0,511</b>	<b>0,544</b>
	gesamt	<b>0,467</b>	<b>0,452</b>

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Belagsverhalten der Sprühgeräte in der jeweiligen Laubzone hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

**Hinweis:** Bei allen zuvor dargestellten p-Werten wurden lediglich pauschal drei Dezimalstellen angegeben. Werte, die als 0,000 notiert sind, weisen meist erst bei der siebten oder achten Dezimalstelle einen Zahlenwert größer Null auf.

Auf diese komplizierte Darstellungsweise wurde zu Gunsten der Übersichtlichkeit der Tabellen verzichtet. Dies gilt auch für die folgenden Darstellungen der p-Werte des Penetrationsverhaltens.

**Tab. A13:** Penetrationsverhalten bei Rinklin, G24, SMS und ZA24 gegliedert nach Durchdringungsebene (E1 bis E4) und Messhöhe (h1 bis h8) in % zum Gesamtaufwand.

<b>Ebene_Messhöhe</b>	<b>Rin_350</b>	<b>Rin_450</b>	<b>Rin_540</b>	<b>G24_r</b>	<b>SMS_r</b>	<b>ZA 24_540</b>
<b>E1_h1</b>	18,541	24,714	23,847	6,380	9,688	21,330
h2	25,255	34,166	30,492	11,795	8,264	26,520
h3	26,942	40,076	36,966	14,338	11,053	24,240
h4	30,128	36,239	35,736	12,413	10,440	23,664
h5	29,146	38,722	32,317	15,588	10,284	25,748
h6	22,819	24,257	21,705	13,032	9,659	28,652
h7	14,689	17,265	13,567	15,613	10,764	21,808
h8	8,849	5,399	2,290	11,980	8,814	19,063
<b>E2_h1</b>	22,115	19,346	22,865	12,525	9,236	20,539
h2	28,636	27,777	31,142	15,217	7,355	23,444
h3	32,178	33,617	40,439	14,171	9,230	25,686
h4	30,360	36,889	37,918	15,662	10,955	24,393
h5	30,415	38,575	39,264	15,786	10,984	21,483
h6	27,545	27,235	24,985	12,933	8,032	28,058
h7	20,676	15,950	11,286	11,912	9,103	22,751
h8	8,578	6,088	2,614	10,668	8,733	15,331
<b>E3_h1</b>	7,395	7,936	12,036	9,177	5,446	10,386
h2	13,830	12,113	13,413	11,869	3,351	9,804
h3	14,295	16,553	19,423	10,588	5,758	10,018
h4	19,477	18,881	19,059	8,595	5,949	8,493
h5	19,493	20,390	18,959	8,360	6,134	8,407
h6	15,029	12,647	12,353	6,813	4,242	12,273
h7	7,410	6,088	10,829	8,224	4,063	12,132
h8	2,398	3,086	1,617	8,923	3,924	8,045
<b>E4_h1</b>	2,375	4,185	4,680	5,130	2,164	1,906
h2	4,208	5,616	6,049	7,073	0,839	1,722
h3	4,873	7,782	7,526	6,448	0,949	1,875
h4	5,832	7,101	8,130	5,217	1,713	2,433
h5	7,650	7,619	7,132	3,131	1,285	2,065
h6	4,618	5,190	4,626	2,587	0,943	3,094
h7	2,978	2,800	2,081	3,422	0,677	3,676
h8	0,696	1,075	0,364	3,348	1,007	3,854

**Tab. A14:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit des Penetrationsverhaltens auf den hinteren Laubebenen 3 und 4 von Rinklin, G24, SMS und ZA 24.

	<b>Rin_350</b>	<b>Rin_450</b>	<b>Rin_540</b>	<b>G24_r</b>	<b>SMS_r</b>	<b>ZA 24</b>
<b>Rin_350</b>	1	<b>0,849</b>	<b>0,657</b>	<b>0,389</b>	0,003	<b>0,279</b>
<b>Rin_450</b>		1	<b>0,789</b>	<b>0,252</b>	0,001	<b>0,179</b>
<b>Rin_540</b>			1	<b>0,160</b>	0,001	<b>0,115</b>
<b>G24_r</b>				1	0,000	<b>0,659</b>
<b>SMS_r</b>					1	0,007

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Penetrationsverhalten der Sprühgeräte in den hinteren Laubwandebenen hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

**Tab. A15:** Penetrationsverhalten bei Rinklin, SMS, und ZA28 gegliedert nach Durchdringungsebene (E1 bis E4) und Messhöhe (h1 bis h8) in % zum Gesamtaufwand.

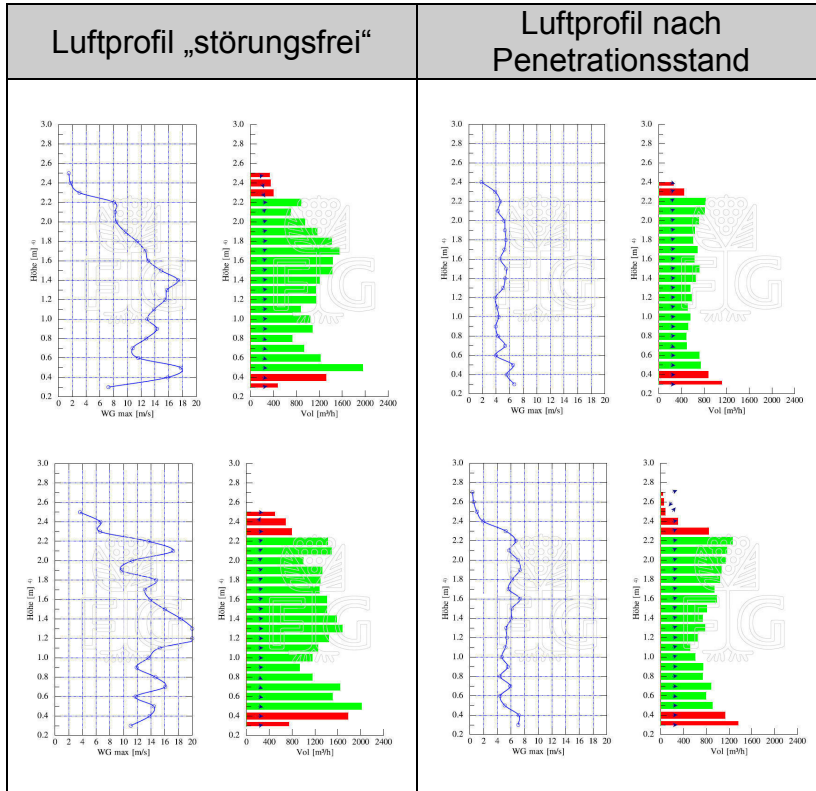
Ebene_ Messhöhe	G24_r	G24_I	SMS_r	SMS_I	ZA 28 Wdh. 1	ZA 28 Wdh. 2	ZA 28 Wdh. 3
E1_h1	6,380	10,978	9,688	14,034	18,873	16,225	16,170
h2	11,795	15,068	8,264	23,843	20,766	14,038	14,498
h3	14,338	13,719	11,053	22,321	25,080	17,083	18,082
h4	12,413	14,598	10,440	25,098	27,138	18,952	19,896
h5	15,588	15,978	10,284	24,311	30,031	22,463	22,371
h6	13,032	15,600	9,659	25,179	27,727	20,760	21,526
h7	15,613	16,757	10,764	23,380	19,504	16,624	17,237
h8	11,980	15,204	8,814	13,125	11,017	6,317	9,289
E2_h1	12,525	17,890	9,236	13,866	22,132	20,251	22,506
h2	15,217	20,241	7,355	19,433	25,637	15,172	18,413
h3	14,171	18,156	9,230	19,473	26,275	22,267	23,033
h4	15,662	16,652	10,955	19,213	28,958	22,310	27,488
h5	15,786	19,462	10,984	19,884	32,665	24,449	25,025
h6	12,933	14,913	8,032	21,672	30,362	26,826	25,619
h7	11,912	18,496	9,103	18,050	23,064	22,555	22,286
h8	10,668	20,724	8,733	15,914	11,330	14,069	16,219
E3_h1	9,177	15,173	5,446	5,608	12,880	9,688	13,088
h2	11,869	18,020	3,351	9,751	12,500	7,659	10,472
h3	10,588	14,041	5,758	12,367	13,235	10,460	12,261
h4	8,595	13,360	5,949	8,906	19,001	15,999	13,781
h5	8,360	13,150	6,134	6,962	17,132	15,502	14,063
h6	6,813	15,186	4,242	8,287	16,299	13,670	12,004
h7	8,224	12,599	4,063	8,872	13,499	10,956	11,054
h8	8,923	14,524	3,924	9,583	8,303	6,967	8,321
E4_h1	5,130	10,056	2,164	2,656	6,593	4,485	5,447
h2	7,073	10,507	0,839	4,120	5,509	3,321	5,049
h3	6,448	5,124	0,949	3,640	5,429	4,400	5,282
h4	5,217	5,891	1,713	3,507	8,272	6,348	5,692
h5	3,131	5,384	1,285	1,175	8,082	5,551	5,705
h6	2,587	7,160	0,943	1,377	4,982	5,337	4,571
h7	3,422	6,609	0,677	1,354	4,216	4,259	4,363
h8	3,348	7,178	1,007	1,863	2,990	3,364	3,775

**Tab. A16:** Mit dem t-Test berechnete p-Werte zur Prüfung der Gleich- oder Ungleichheit des Penetrationsverhaltens auf den hinteren Laubebenen 3 und 4 von ZA 24, G24, SMS und ZA28 (ZA 28 ist in dreifacher Wiederholung dargestellt).

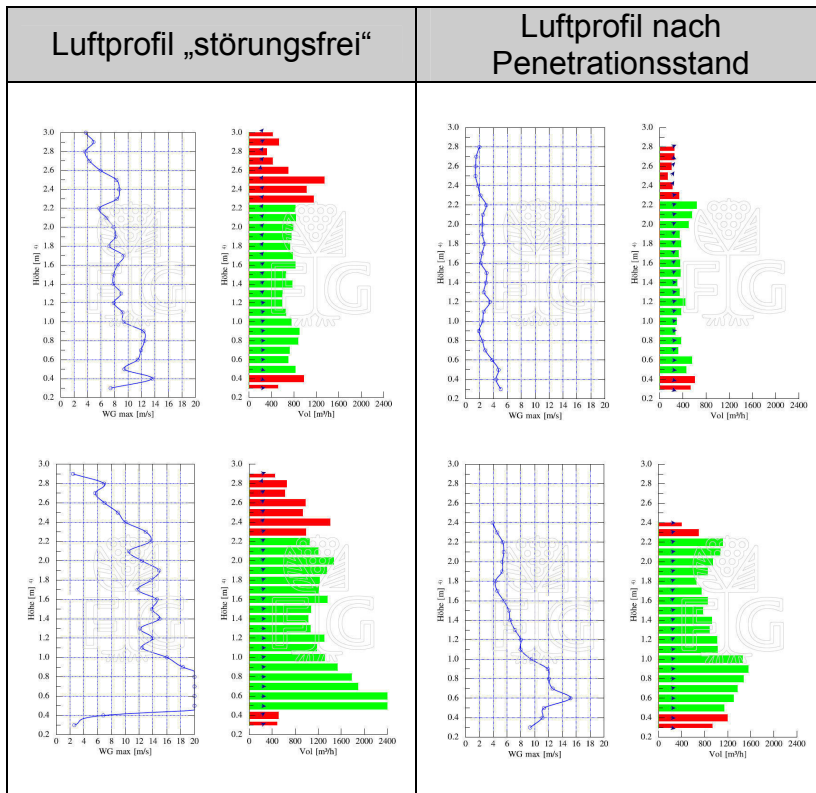
	G24_r	G24_I	SMS_r	SMS_I	ZA 28_1	ZA 28_2	ZA 28_3
<b>G24_r</b>	1,000	0,003	0,000	<b>0,312</b>	0,038	<b>0,356</b>	<b>0,180</b>
<b>G24_I</b>		1,000	0,000	0,001	<b>0,569</b>	<b>0,063</b>	<b>0,095</b>
<b>SMS_r</b>			1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>SMS_I</b>				1,000	0,009	<b>0,100</b>	0,042
<b>ZA 28_1</b>					1,000	<b>0,248</b>	<b>0,350</b>
<b>ZA 28_2</b>						1,000	<b>0,763</b>

\*nicht signifikante Werte ( $p > 0,05$ ) weisen auf ähnliches Penetrationsverhalten der Sprühgeräte in den hinteren Laubwandebenen hin. Diese Werte sind fett hervorgehoben.

### Luftstromprofile nach Penetration



**Abb. A1:** Luftprofile ZA 24 ohne Durchdringungskörper (störungsfrei) und nach dem Penetrationsmesstand: Oben 540 min<sup>-1</sup> Stufe 1, unten 540 min<sup>-1</sup> Stufe 2.



**Abb. A2:** Luftprofile ohne Durchdringungskörper (störungsfrei) nach dem Penetrationsmesstand: Oben SMS n\_max\_rechts, unten G24 n\_max\_rechts.

## Wetterdaten

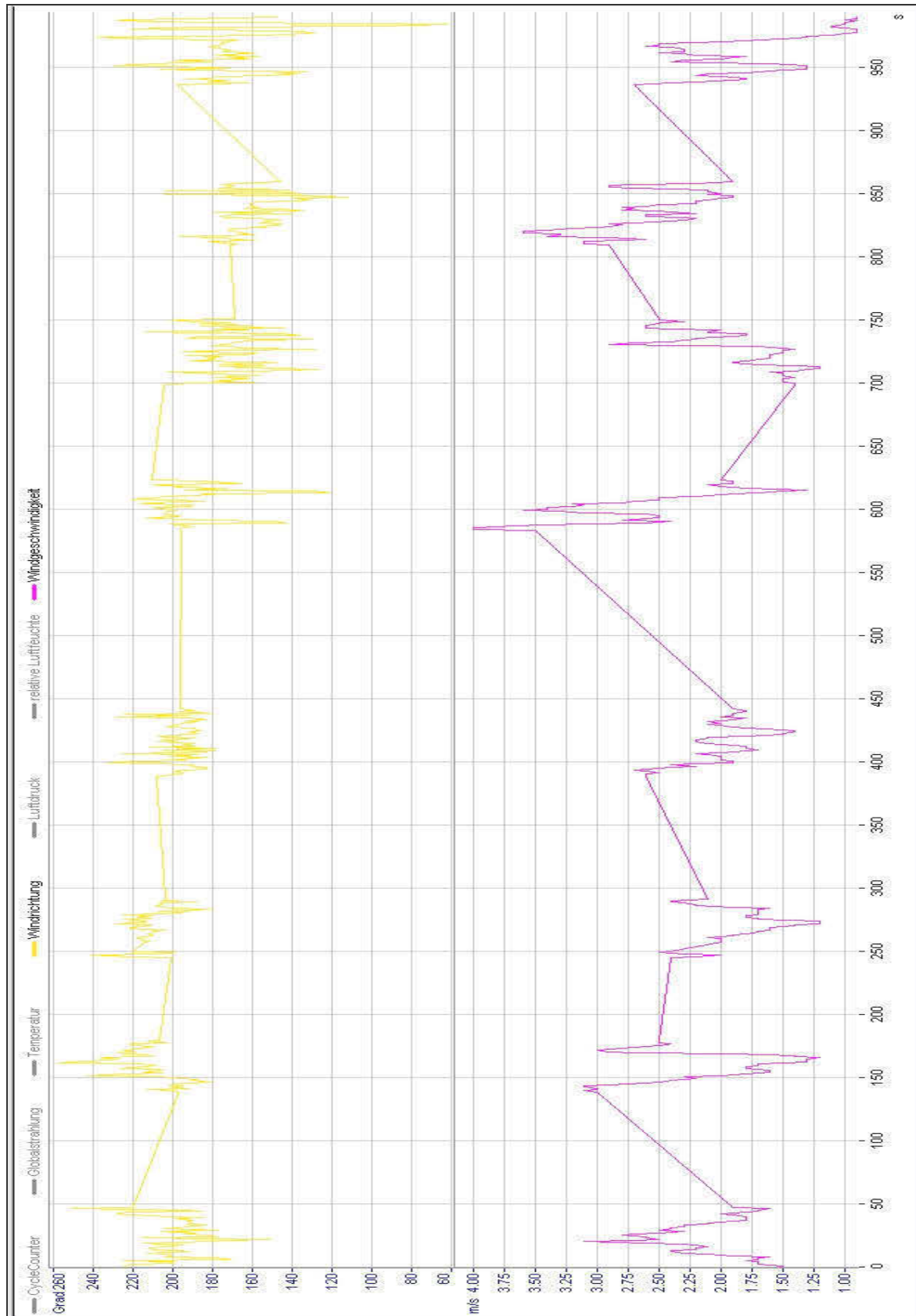


Abb. A3: Exemplarische Aufzeichnung der Wetterstationdaten während der Abdriftmessungen.

## Danksagung

Mein Dank gilt allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

An Herrn Prof. Dr. H.P. Schwarz ein ganz besonderes Dankeschön für die wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit. Besonderer Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. B. Honermeier vom Institut Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität Giessen, für die Begutachtung und Prüfung dieser Arbeit.

Dem Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) sei für die finanzielle Förderung dieser Studie besonders gedankt.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei den festen und kurzzeitigen Mitarbeitern des Instituts für Technik der Hochschule Geisenheim.

Die aufwendigen Versuche zur Blattbelagsmessung, Vertikalverteilung während der Fahrt und das Durchführen von Abdriftstudien erfordern viel Personalbedarf. Witterungsbedingt kommt es hierbei oftmals zu zeitlichen Verzögerungen und etlichen Versuchwiederholungen. Zusammengefasst wurden **8192 Stichproben** für die Versuche eingesammelt und anschließend photometrisch ausgewertet.

Zu den größten Stützen der reibungslosen Versuchsorganisation zählen Hans Störtländer und Dr. Rainer Keicher. Ebenfalls sei Marcel Scherber für seine Hilfe bei technischen Problemen und besonders für seine Dienste als exakter und gewissenhafter Schlepperfahrer gedankt.

Hervorheben möchte ich Herrn Dr. Gerhard Bäcker. Dieser ist über seinen „Unruhestand“ hinaus mit über 40-jähriger Erfahrung zum Thema Pflanzenschutz im Weinbau eine elementare Stütze, besonders bei der Entwicklung neuartiger Untersuchungsmethoden, gewesen.

Ebenfalls gedankt sei den Mitarbeitern des DLR Mosel für die gute Projektzusammenarbeit. Stellvertretend seien die Projektleiter Christian Fischer und Alexander Barzen genannt. Aber auch Christopher Jung verdient Anerkennung. Er war unerschrocken genug, um den StGT-Prototypen trotz ständiger technischer

Probleme und Sicherheitsrisiken für Versuchszwecke zu fahren. Im letzten Versuchsglied hat dieser beinahe sein Leben aufs Spiel gesetzt!

Zum Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Rinklin von KMS Rinklin, der uns zwar durch etliche Kommunikationsprobleme viele graue Haare beschert hat, der jedoch das funktionstüchtige Sprühgerät geliefert, und den StGT umfunktioniert hat.

Ein ausdrücklicher Dank gilt allen Winzern, die sich Zeit für die umfangreiche Pflanzenschutzumfrage genommen haben. Teilweise sind in ausführlichen, schriftlichen Stellungnahmen und persönlichen Telefonaten weitere Gedanken zum Thema Pflanzenschutz kommuniziert worden, die interessante Aspekte für die Forschung der Zukunft liefern können.

Nicht zu vergessen: Willi Möllers sei gedankt für das Aufspüren der grammatikalischen Fauxpas und Dr. Martin Bäsler für die anregende „t-Party“ bis in die Nacht hinein.

Meinen Eltern danke ich für die langjährige und nachhaltige Unterstützung in allen Lebenslagen und die Möglichkeit den von Ihnen geprägten landwirtschaftlichen Betrieb im Sinne von meinem Mann und mir weiterführen zu können.

Zuletzt möchte ich meinem Mann Robert Wagner danken. Ohne ihn hätte ich nicht die Kraft gehabt, die Mehrfachbelastung von Weingut, Bauprojekt und Promotion in dieser Weise zu meistern. Er ist mit mir durch alle Höhen und Tiefen dieser Arbeit marschiert und hat mir aufopferungsvoll den Rücken frei gehalten.

Ihm sei diese Arbeit gewidmet!

**DANKE!**

**Der Lebenslauf wurde aus der elektronischen  
Version der Arbeit entfernt.**

**The curriculum vitae was removed from the  
electronic version of the paper.**

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten

---

Ort, Datum, Unterschrift