



Sprühgebläse der neuen Generation

Gerhard Bäcker
Wolfhart Struck

ATW - Ausschuss für Technik im Weinbau

Deutscher Weinbauverband ■ Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

Untersuchungen zur Bewertung von Sprühgebläsen unter dem Aspekt gesteigerter Anforderungen im modernen Pflanzenschutz

Gerhard Bäcker
Wolfhart Struck

Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben 122

Durchführung

Forschungsanstalt Geisenheim ■ Fachgebiet Technik
Leiter: Prof. Dr. Werner Rühling
Von-Lade-Straße 1 ■ 65366 Geisenheim

KTBL-Titel: I/12 ■ Förderjahre: 2000-2001
Förderländer: Bayern ■ Hessen ■ Rheinland-Pfalz



Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) ■ Darmstadt

ATW-Vorstand

Vorsitzender

Peter Jost ■ Hahnenhof
Oberstraße ■ D-55422 Bacharach
Tel.: +49 (0) 6743/1216 ■ Fax: +49 (0) 6743/1076
eMail: weingut_toni_jost_hahnenhof@debitel.net

2. Vorsitzender

Prof. Dr. Werner Rühling
Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik
Brentanostraße 9 ■ D-65366 Geisenheim
Tel.: +49 (0) 6722/502-361 9 ■ Fax: +49 (0) 6722/502-360
eMail: technik@geisenheim.fh-wiesbaden.de

Dr. Jürgen Dietrich ■ Staatsweingut Meersburg
D-88701 Meersburg
Tel.: +49 (0) 7532/356 ■ Fax: +49 (0) 7532/358
eMail: JD@Staatsweingut-Meersburg.de

ATW-Beirat

Obmann

MinR Hermann Fischer
Minist. für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
PF 3269 9 ■ Bauhofstraße 4, D-55116 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131/16-3516 9 ■ Fax: +49 (0) 6131/16-3533
eMail: Hermann.Fischer@mwwlw.rpl.de

Geschäftsführer

Dr. Albrecht Achilles
KTBL, Bartningstraße 49 n D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-139 Fax: +49 (0) 6151/7001-204
eMail: a.achilles@ktbl.de

2002 by Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-0 ■ www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministers für Verbraucherschutz,
Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) sowie des Deutschen Weinbauverbandes
(DWW). Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf
Datenträger und Übersetzung nur mit Genehmigung des ATW.

Redaktion
Dr. Albrecht Achilles ■ KTBL

Titelbild
Sprühgebläseeinsatz in der Rebzeile (Foto: Verfasser)

Printed in Germany

**Inhalt**

1	Einleitung	5
2	Gebälsetechnik im Überblick	5
2.1	Axialgebläse	5
2.2	Radialgebläse	6
2.3	Tangentialgebläse (Querstromgebläse)	8
2.4	Typenauswahl	10
3	Versuchsprogramm	11
3.1	Gerätekalibrierung	12
3.2	Messung des Leistungsbedarfes	12
3.3	Aufnahme von Luftverteilungsprofilen	14
3.4	Messung der Vertikalverteilung	18
3.5	Messung des Penetrationsverhaltens	22
3.6	Messung der Bodenverluste	24
3.7	Messung der Abtriftdisposition	25
4	Diskussion	26
4.1	Klassifizierung und Leistungsbedarf	26
4.2	Luftverteilung	29
4.3	Vertikalverteilung	30
4.4	Penetrationsverhalten	31
4.5	Bodenverluste und Abtrift	31
5	Schlussfolgerung und Ausblick	33
6	Zusammenfassung	34
	Firmenanschriften	36

1 Einleitung

Stand die pflanzenschutztechnische Entwicklung der letzten 10 Jahre ganz im Zeichen verbesserter Bedienungs- und Dosiermöglichkeiten, so trat aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Applikationsqualität und die Verlustminimierung in jüngster Zeit die gebläsetechnische Entwicklung wieder mehr in den Vordergrund. Im modernen Pflanzenschutz erstreckt sich diese vor allem auf verbesserte Luftleitsysteme, mit denen die Luftstromgeometrie den geometrischen Abmessungen des Zielobjektes besser angepasst und das Mittel möglichst gezielt, verlustfrei und sparsam appliziert werden kann. Da auch ausländische Hersteller mit Gebläseversionen auf den deutschen Markt drängen, mit denen hierzulande bisher kaum Erfahrungen vorliegen, wurden diese besonders kritisch unter die Lupe genommen. Im Interesse einer fundierten Beratung der Praxis wurde deshalb das aktuelle Angebot an Gebläsetypen im Rahmen des Vorhabens einer umfangreichen Messprozedur unter reproduzierbaren Bedingungen auf Prüfständen und einer Messbahn unterzogen. Neben der reinen Bewertung der untersuchten Typen konnten die Hersteller in einigen Fällen auch zu konstruktiven Änderungen veranlasst werden. Nicht zuletzt trugen die Untersuchungen auch zu der Erkenntnis bei, dass mit einer konsequenteren bauartspezifischen Konfektionierung der Düsenverbände künftig ein entscheidender Beitrag zur weiteren Verbesserung der Verteilungsqualität geleistet werden könnte.

2 Gebläsetechnik im Überblick

Da die Pflanzenschutzmittelapplikation in Raumkulturen heute fast ausschließlich im Sprühverfahren, d. h. mit Luftunterstützung erfolgt, stellt das Gebläse neben den Zerstäubern die wichtigste Komponente des Sprühgerätes dar und bestimmt damit entscheidend die Applikationsqualität. Im Weinbau kommen Axialgebläse, Radialgebläse und Tangentialgebläse zum Einsatz. Bauartbedingt weisen diese erhebliche Unterschiede in der Luftstromgeometrie auf. Dabei stellen Luftgeschwindigkeit, Luftmenge und Ausbreitungsrichtung die wichtigsten Unterscheidungskriterien dar. Neben der Luftstromgeometrie spielen bei der Bewertung von Gebläsen unter praktischen Aspekten

auch weitere, nicht unmittelbar mit der Applikationsqualität im Zusammenhang stehende Kriterien eine Rolle. Hierzu zählen zum Beispiel die Handhabungsmöglichkeiten, der Leistungsbedarf und die Geräuschentwicklung während des Betriebes. Im Rahmen eines Überblickes über das aktuelle Gebläseangebot sollen bekannte und neue Gebläsetypen anhand der genannten Kriterien zunächst kategorisch eingestuft werden.

2.1 Axialgebläse

Seit der Einführung der Sprühverfahren spielen Axialgebläse im deutschen Weinbau die dominierende Rolle. Die Luft wird gegen die Fahrtrichtung in Achsrichtung angesaugt und in axialer Richtung beschleunigt (> Axialgebläse). Wird der Luftstrom hinter dem Rotor um 90 Grad in die radiale Richtung umgelenkt, entsteht eine ebene Quellströmung, die durch Leitbleche in 2 Sektoren, d. h. in die beiden Teilbreiten partitioniert wird. Da die Leitbleche älterer Gebläsetypen nur über eine begrenzte Wirksamkeit verfügen und oft unterdimensioniert, ungünstig angeordnet oder gar nicht vorhanden sind (Abb. 1), ist es mit dieser Gebläsebauart kaum möglich, einen gezielten und exakt auf die Laubwandabmessungen begrenzten Luftstrom zu erzeugen. Ein hoher Luftanteil wird deshalb ungenutzt am Zielobjekt vorbeigeblasen.

Diesem Problem versuchte man seit Anfang der 80er Jahre mit der Entwicklung von Umkehraxialgebläsen zu begegnen (Abb. 2). Beim Umkehraxialgebläse wird die Luft in Fahrtrichtung angesaugt und über ein

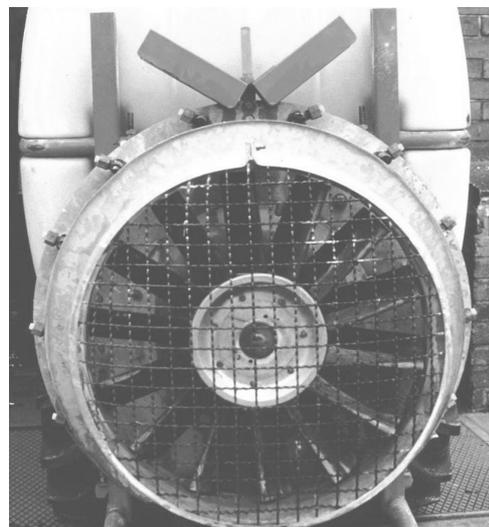


Abb. 1: Axialgebläse (1. Generation)

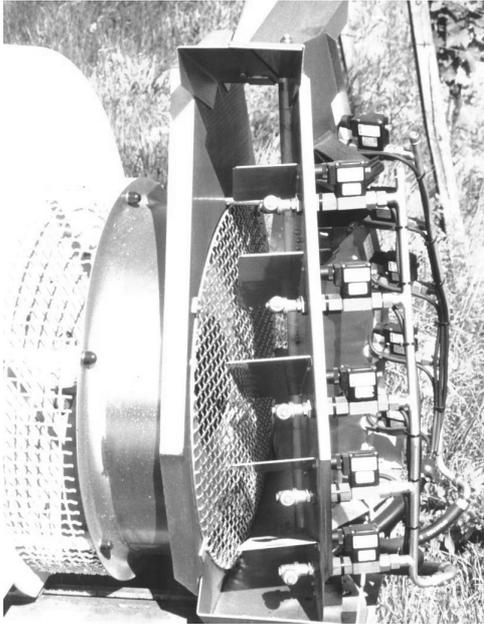


Abb. 2: Umkehraxialgebläse

hinter dem Rotor angeordnetes Luftleitsystem in Form eines mehr oder weniger fächerförmigen Strahles ausgeblasen. Zwar stellte das Umkehraxialgebläse einen Fortschritt gegenüber einfachen Axialgebläsen ohne Luftleitsystem dar, auf Grund strömungstechnischer Nachteile werden sie heute jedoch kaum noch nachgefragt.

Zeitgemäße Axialgebläse für den Weinbau verfügen über ein geschlossenes Luftleitsystem (Abb. 3), mit dem der Luftstrom möglichst gezielt auf die Laubwand appliziert wird. Besonders im oberen Bereich der Laubwand muss die Luft möglichst horizontal austreten und im Bereich der Gipfelzone möglichst exakt abgegrenzt sein. Neben dem geschlossenen Luftleitsystem spielt in diesem Zusammenhang auch die Höhenposition des Rotors eine entscheidende Rolle. Bei älteren Geräten, bei denen der Läufer zu niedrig angeordnet ist, lässt sich ein steil aufwärts gerichteter Luftstrom im Bereich der Gipfelzone kaum vermeiden. Damit ist bei diesen Geräte von vorn herein mit erhöhtem Wirkstoffaustrag und mit einem hohen Abtriftpotenzial zu rechnen. Der Läufer sollte also, wie bei dem in Abbildung 3 gezeigten Gerät, möglichst hoch, etwa in halber Höhe des Luftleitkanales positioniert sein.

Ein weiteres Problem bei Axialgebläsen resultiert aus der Drehrichtung des Rotors, die auf beiden Seiten unterschiedliche Strömungsbedingungen bewirkt. Um an beiden Teilbreiten symmetrische Luftströme zu erhalten, müssen deshalb bei Axialgeblä-

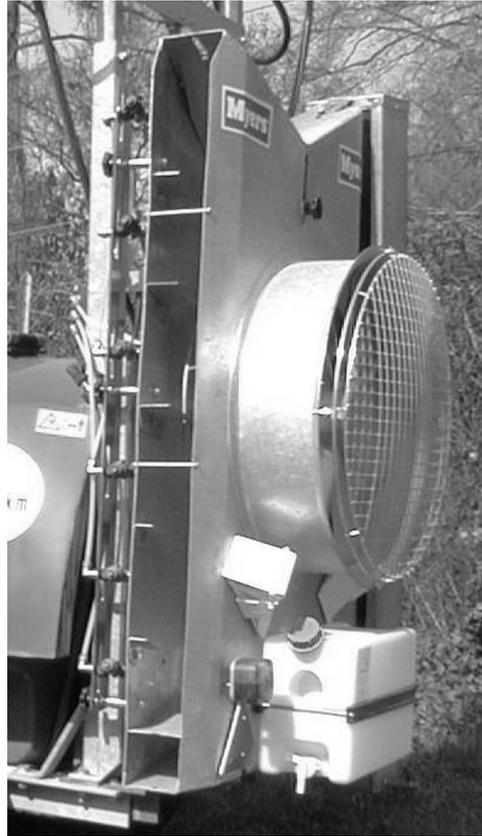


Abb. 3: Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitsystem

sen besondere Vorkehrungen getroffen werden. Nur bei geschlossenen Systemen kann durch den Einbau von Luftleitelementen eine einigermaßen befriedigende Symmetrie erreicht werden. Als Alternative dazu bietet sich das Doppelaxialgebläse an (Abb. 4), bei dem zwei in entgegengesetzter Richtung rotierende Läufer die Symmetrie zwischen beiden Teilbreiten verbessern. Auch dieses Gebläsekonzept wurde vor kurzem wieder aufgegriffen und dürfte künftig bei der neuen Generation von Axialgebläsen eine Rolle spielen. Den grössten Erfolg auf dem Axialgebläsesektor versprechen im Moment jedoch geschlossene Luftleitsysteme, die im Innern mit entsprechend ausgeklügelten Leitelementen ausgestattet sind.

Eine ausführliche Bewertung von Axialgebläsen mit geschlossenem Luftleitsystem und von Doppelaxialgebläsen erfolgt unten anhand von Versuchsergebnissen.

2.2 Radialgebläse

Beim Radialgebläse wird die Luft in axialer Richtung angesaugt und in radialer Richtung



Abb. 4: Doppel-Axialgebläse

beschleunigt ($>$ Radialgebläse). Nach der Passage des Rotors formiert sich die Luft im Gebläsemantel zu einer Strömung mit hoher kinetischer Energie, die nach außen abgeführt wird. Dabei können je nach Form der Austrittsöffnung unterschiedliche Strahlformen erzeugt werden. Im Vergleich zum Axialgebläse fördern Radialgebläse bei gleicher Leistung geringere Luftmengen mit höherer Geschwindigkeit. Der höhere statische Druck von Radialgebläsen ermöglicht eine

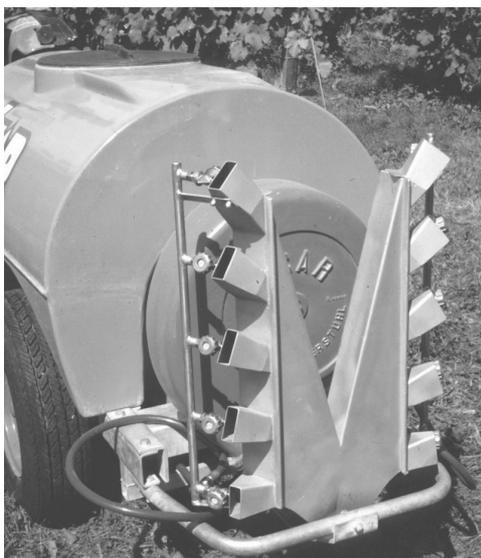


Abb. 5: Radialgebläse mit zu steil angestellten Luftaustrittsöffnungen

Weiterleitung des Luftstromes und damit eine Freisetzung an beliebiger Stelle. Besonders bei mehrreihigen Geräten macht man sich diesen Vorteil zunutze, indem der zentral erzeugte Luftstrom über Rohre oder Schläuche den äußeren Teilbreiten zugeführt wird. Der Nachteil gegenüber Axialgebläsen besteht im ungünstigeren energetischen Wirkungsgrad, d. h. im höheren Bedarf an Antriebsleistung.

Im Gegensatz zu Frankreich, wo Radialgeräte mit pneumatischer Zerstäubung nach wie vor den Standard darstellen, spielten Radialgebläse im deutschen Weinbau, abgesehen von Kleingeräten, bis vor einiger Zeit nur eine untergeordnete Rolle. Mit dem Anfang der 90er Jahre einsetzenden Import von Radialgeräten aus Italien begann diese Gebläsebauart sich auch im deutschen Weinbau stärker zu verbreiten. Obwohl diese Geräte (Abb. 5), im Gegensatz zu Frankreich, von vorn herein mit hydraulischen Zerstäubern ausgestattet waren, kam ihr Einsatz aus ökologischer Sicht fast schon einem Disaster gleich. Die feststehenden, steil aufwärts gerichteten Luftaustrittsöffnungen bewirken in Verbindung mit den hohen Luftgeschwindigkeiten einen immensen Austrag von Sprühteilchen und damit ein Abtriftpotenzial, das aus der Sicht eines zeitgemäßen Pflanzenschutzes unter keinen Umständen akzeptiert werden kann. Aus dem gleichen Grund ist auch der Einsatz von Radialgeräten für den Obstbau (Abb. 6) im Weinbau strikt abzulehnen.

Einen weitaus besser kontrollierbaren Luftstrom erzeugen Radialgeräte, bei denen die Luft durch Schläuche den über die Laubwandhöhe verteilten Düsenstationen zuge-

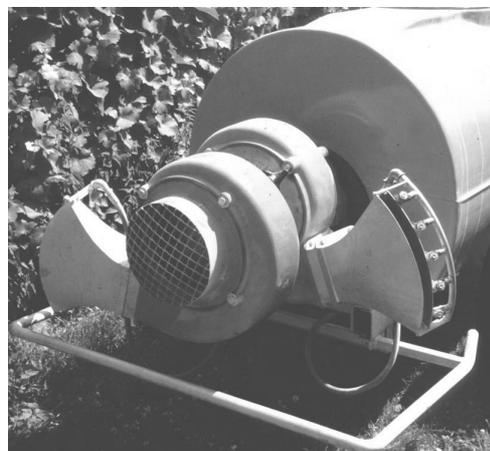


Abb. 6: Radialgebläse, Obstbauversion für den Weinbau nicht geeignet

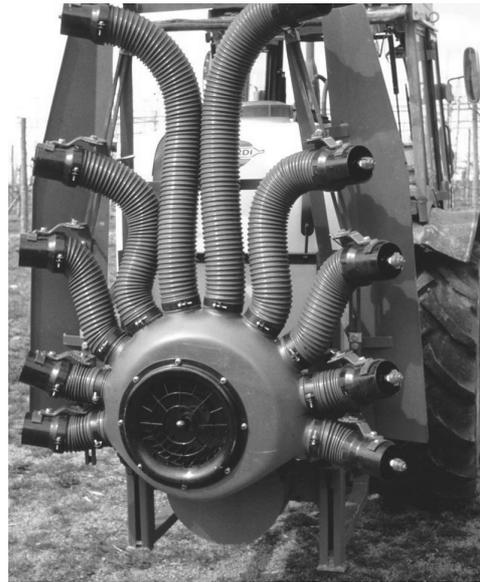
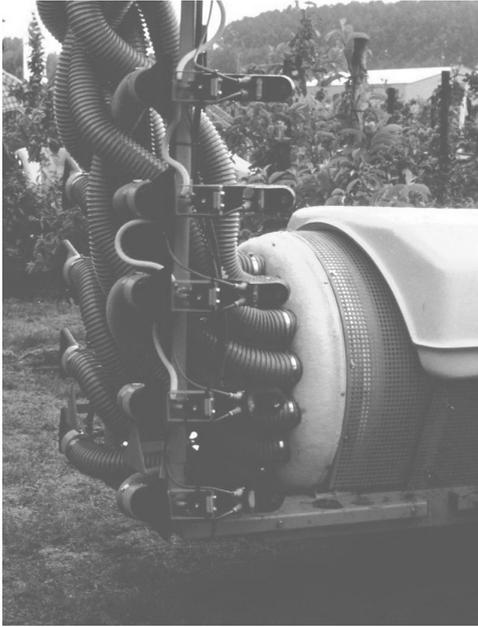


Abb. 7 und 8: Radialgebläse mit Luftschläuchen lassen sich gezielt auf die Laubwand ausrichten

führt wird (Abb. 7 und 8). Sie ermöglichen eine horizontale Ausrichtung des Sprühstrahles und tragen damit bereits erheblich zur Abtriftminderung bei. Für die jüngsten Entwicklungen auf dem Radialgebläsesektor war die Abtriftminimierung sogar einer der entscheidenden Anlässe.

Beim Gebläsetyp OVS25 (Abb. 9) ist die Entwicklung noch nicht vollständig abgeschlossen. Der Gebläsesatz besteht aus zwei separat verschwenkbaren Einzelgebläsen, wobei sogar die Möglichkeit besteht, beide Gebläse nach einer Seite hin auszurichten. Wie beim Tangentialgebläse erzeugt dieses Konzept nach beiden Seiten hin absolut symmetrische Luftströme. Die beiden Trommelläufer mit vorwärts geneigten Lamellen erzeugen nach Herstellerangabe zusammen ein Luftförderolumen von 22 000 m³/h bei einer für Radialgebläse niedrigen Luftgeschwindigkeit. Sollten die noch ausstehenden Optimierungsmaßnahmen am Luftleit-system erfolgreich verlaufen, könnte mit diesem Gebläsekonzept ein weiterer Meilenstein in der pflanzenschutztechnischen Entwicklung gesetzt werden.

Der Radialgebläsetyp T460/6 (Abb. 10) hat seine Bewährungsprobe im Praxiseinsatz bereits bestanden. Dieser Gebläsetyp verfügt über 3 fächerförmige, vertikal verschwenkbare Luftaustrittsöffnungen auf jeder Seite, von denen jede mit 2 außenliegenden Düsenstationen bestückt ist. Bei den in Weinbau üblichen Laubwandhöhen kann durch

Verstellung der sich überlappenden Sprühfächer die Vertikalverteilung variiert und entsprechend der Laubwandgeometrie optimiert werden. Ist der obere Sprühkopf leicht nach unten und der untere leicht nach oben ausgerichtet, können die Wirkstoffverluste durch Abtrift und Bodenkontamination auf ein Minimum reduziert werden. Mit einem maximalen Luftförderolumen von 14 000 m³/h und einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von 70–80 m/s zeigt dieses Gebläse das typische Strömungsverhalten eines Radiallüfters.

2.3 Tangentialgebläse (Querstromgebläse)

Das Tangentialgebläse stellt, quasi als Extremform des Radialgebläses, strömungstechnisch eine Besonderheit dar. Wenn beim Trommelläufer, längen- oder konstruktivbedingt, die Luftzufuhr nicht mehr in axialer Richtung erfolgt, muss die Beschauung des Läufers zweimal vom geförderten Luftvolumen durchströmt werden. Dabei kommt es zu einer grundlegenden Änderung des Betriebsverhaltens und zu den für Tangentialgebläse typischen Strömungseigenschaften. Obwohl der Läuferquerschnitt also eher dem eines Radialgebläses ähnelt, sind die Leistungsparameter des Tangentialgebläses eher mit denen des Axialgebläses vergleichbar. Die entscheidenden Vorteile des Tangentialgebläses bestehen in dem sehr



Abb. 9 und 10: Zwei neuentwickelte Radialgebläse waren Hauptgegenstand der Untersuchungen

gleichmäßigen Luftstromprofil, in der nahezu horizontalen Strömungsrichtung und in der exakten Abgrenzung des Luftstromes im Bereich der Gipfelzone. Dass das Tangentialgebläse eine ideale Basis für abtriftmindernde Verfahren bildet, liegt damit klar auf der Hand.

Nach wie vor repräsentiert also das Tangentialgebläse den höchsten Stand der pflanzenschutztechnischen Entwicklung im Weinbau. Nachdem es jedoch seit fast 15 Jahren in nahezu unveränderter Form (Abb. 11) angeboten wird, wurde im Rahmen des Vorhabens in Zusammenarbeit mit dem Hersteller eine Überarbeitung im Detail vorgenommen, die zur weiteren Optimierung der Luftstromgeometrie beitragen soll. Dabei wurden die Düsen an vertikal beweglichen Sta-

tionen außerhalb des Luftstromes platziert (Abb. 12). Neben handhabungstechnischen Vorteilen konnte damit eine weitere Verbesserung der Homogenität des Luftstromprofils erreicht werden (s.u.). Außerdem verfügen beide Gebläse nun über eine separate Drehzahlregelung, mit der besonders im frühen Vegetationsstadium bei wenig Belaubung dem Einfluß von Seitenwind begegnet werden kann. Darüber hinaus wurde damit die technische Voraussetzung zur Anwendung des in der Erprobung befindlichen elektronischen Systems zur Luftstromoptimierung (EOL) geschaffen.



Abb. 11 und 12: Tangentialgebläse in der bisherigen und einer überarbeiteten Ausführung mit außenliegenden Düsenstationen

2.4 Typenauswahl

Als bauarttypische Vertreter wurden aus der beschriebenen Gebläsepalette folgende Typen der weinbauspezifischen Größenkategorie in die Untersuchungen einbezogen:

1. Axialgebläse TU50 (Fa. Holder):

Als Vertreter der 1. Generation von Axialgebläsen wurde dieser Typ auf Grund seiner weiten Verbreitung im Weinbau als Vergleichsstandard ins Versuchsprogramm aufgenommen. Ein weiterer Grund für die Auswahl gerade dieses Gebläsetyps als Vergleichsstandard besteht darin, dass die derzeit gültigen Abtrifteckwerte hauptsächlich an diesem Typ ermittelt wurden.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	2 oben
Düsenstationen:	2 x 5, innenliegend, fest, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	1

2a. Axialgebläse DA24 (Fa. Wanner):

Als Vertreter der modernen Generation von Axialgebläsen wurde dieser in der Praxis weit verbreitete Typ gewählt. Das Gebläse verfügt über ein geschlossenes Luftleitsystem.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	24 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	2 oben
Düsenstationen:	2 x 6, außenliegend, höhenverstellbar, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	1 (Anbaugerät, rechtsdrehende Ausführung)

2b. Axialgebläse SZA24 (Fa. Wanner):

Hierbei handelt es sich um die gleiche Bauart, wie unter 2a. beschrieben.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	18/28 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	2 oben
Düsenstationen:	2 x 6, außenliegend, höhenverstellbar, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	2

3. Doppelaxialgebläse K600 (Fa. Jacoby):

Als neu in die Praxis eingeführtes Gerät wurde dieser Gebläsetyp als Vertreter der Doppelaxialgebläse mit aufgenommen. An der Optimierung des Luftleitsystems wurde zum

Zeitpunkt der Berichterstattung noch gearbeitet.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	28/32 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	2 oben, 2 unten
Düsenstationen:	2 x 6, innenliegend, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	2

4a. Tangentialgebläse QU20 (Fa. Holder):

Älterer Gebläsetyp ohne Zwischenlagerung des Läufers. Hydraulischer Antrieb.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	keine
Düsenstationen:	2 x 5, innenliegend, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	stufenlos

4b. Tangentialgebläse QU14

(Fa. Holder/Weber):

Neuerer Gebläsetyp mit Zwischenlagerung des Läufers. Mechanischer Antrieb.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	keine
Düsenstationen:	2 x 6, innenliegend, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	stufenlos

4c. Tangentialgebläse QU14

(Fa. Holder/Weber):

Optimierter Gebläsetyp mit Zwischenlagerung des Läufers. Hydraulischer Antrieb.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	keine
Düsenstationen:	2 x 6, außenliegend, höhenverstellbar, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	separat stufenlos

5a. Radialgebläse OVS25 (Fa. Holder):

Hierbei handelt es sich um ein neuentwickeltes Gebläse.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
verstb. Luftleitbleche:	2 oben
Düsenstationen:	2 x 6, außenliegend, 2 x 5 in Betrieb
Schaltstufen:	1

5b. Radialgebläse OVS25 (Fa. Holder):

Gleicher Gebläsetyp nach Überarbeitung des Luftleitsystems.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen:	22 000 m ³ /h
--------------------	--------------------------

verstb. Luftleitbleche: 2 oben
 Düsenstationen: 2 x 6, außenliegend,
 2 x 5 in Betrieb
 Schaltstufen: 1

Einstellung der Luftleitsysteme wurde eine maximale Laubwandhöhe von 2,00 m festgelegt. Das Versuchdesign war damit auf die Einsatzbedingungen in einer modernen Rebanlage abgestimmt.

6. Radialgebläse T460/6 Fa. Vicar):

Neu entwickeltes, bereits bewährtes Radialgebläse.

Versuchsrelevante technische Daten:

Luftfördervolumen: 12/15 000 m³/h
 verstb. Luftleitbleche: keine, 2 x 3
 verschwenkbare
 Sprühhöpfe
 Düsenstationen: 2 x 6, außenliegend,
 2 x 5 in Betrieb
 Schaltstufen: 2

Sämtliche Geräte kamen in praxisüblicher Einstellung zum Einsatz. Mit 2 x 5 Düsen vom Typ Albus ATR/gelb lag der Geräteausstoß bei einem Arbeitsdruck von 10 bar und einer Fahrgeschwindigkeit von 5,6 km/h bei etwa 10 l/min. Bei den Versuchen auf der Messbahn wurde ein Reihenabstand von 2,00 m unterstellt, womit die Brüheaufwandmenge bei etwa 500 l/ha lag. Bei der

3 Versuchsprogramm und Ergebnisse

Während des Versuchsprogrammes wurden zahlreiche Messungen, z. T. auch an Gebläsetypen durchgeführt, deren Entwicklung noch nicht vollständig abgeschlossen war oder bei denen auf Grund der Ergebnisse weitere Optimierungsmaßnahmen, insbesondere zur Reduzierung des Abtriftpotenzials erforderlich schienen. Im Rahmen der nachfolgenden Ausführungen sollen jedoch nur diejenigen Ergebnisse dargestellt werden, die der Praxis bei der Bewertung der einzelnen Bauarten behilflich sein können. Differenziertere Messwerte wurden den betreffenden Herstellern als Basis für die weitere Überarbeitung zur Verfügung gestellt.

Tab. 1: Gerätekalibrierung, Beispiel der Datenerfassung und Verrechnung mit EXCEL

1. Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit		Gang: 1-H-L										ZW = 540	1/min	
hier Dateneingabe !		s = 50m										t = 32,31	V = 5,57	km/h
2. Auslitern von Einzeldüsen														
p (bar)	Kal.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5	gelb	600	655	710	765	820	864	908	951	995	1034	1073	1111	1150
L4	gelb	630	685	740	795	850	891	933	974	1015	1069	1123	1176	1230
L3	gelb	610	658	705	753	800	846	893	939	985	1023	1060	1098	1135
L2	gelb	650	705	760	815	870	919	968	1016	1065	1106	1148	1189	1230
L1	gelb	610	663	715	768	820	864	908	951	995	1036	1078	1119	1160
R1	gelb	680	735	790	845	900	950	1000	1050	1100	1145	1190	1235	1280
R2	gelb	650	700	750	800	850	896	943	989	1035	1078	1120	1163	1205
R3	gelb	650	703	755	808	860	908	955	1003	1050	1090	1130	1170	1210
R4	gelb	590	643	695	748	800	844	888	931	975	1010	1045	1080	1115
R5	gelb	620	680	740	800	860	908	955	1003	1050	1098	1145	1193	1240
R6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meßzeit in s		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Vol. (l/min)		6,29	6,83	7,36	7,90	8,43	8,89	9,35	9,81	10,27	10,69	11,11	11,53	11,96
Druck (bar)		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3. Gerätespezifische Dosiertabelle														
	Arbeitsbreite	Brüheaufwandmenge (l/ha)												
	1,50	452	490	528	567	605	638	671	704	737	767	798	828	858
	1,60	423	459	495	531	567	598	629	660	691	719	748	776	805
	1,70	398	432	466	500	534	563	592	621	650	677	704	731	757
	1,80	376	408	440	472	504	532	559	587	614	639	665	690	715
	1,90	357	387	417	448	478	504	530	556	582	606	630	654	678
	2,00	339	368	396	425	454	479	503	528	553	576	598	621	644
	2,10	323	350	377	405	432	456	479	503	526	548	570	591	613
	2,20	308	334	360	386	413	435	458	480	503	523	544	565	585
	2,30	295	320	345	370	395	416	438	459	481	500	520	540	560
	2,40	282	306	330	354	378	399	419	440	461	480	499	518	536
	2,50	271	294	317	340	363	383	403	422	442	460	479	497	515
	2,60	261	283	305	327	349	368	387	406	425	443	460	478	495
	2,70	251	272	294	315	336	355	373	391	409	426	443	460	477
	2,80	242	263	283	304	324	342	360	377	395	411	427	444	460
	2,90	234	253	273	293	313	330	347	364	381	397	413	428	444
	3,00	226	245	264	283	303	319	336	352	369	384	399	414	429
Druckeinstellung		4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar	11 bar	12 bar	13 bar	14 bar	15 bar	16 bar

3.1 Gerätekalibrierung

Um die Einflüsse der Serienstreuung zwischen den Einzeldüsen auszuschließen, wurde vor Beginn der Untersuchungen ein Satz Referenzdüsen zusammengestellt, mit dem sämtliche Testgeräte bestückt wurden. Dabei war jede Düse gekennzeichnet, so dass die Einzeldüsen bei allen Geräten an der gleichen Düsenposition plaziert werden konnten. Damit war sichergestellt, dass vor allem bei der Ermittlung der Vertikalverteilung bei allen Testgeräten vom Düsenverband her die gleichen Ausgangsbedingungen herrschten.

Die Gerätekalibrierung erfolgte an einem Einzeldüsenprüfstand der Firma Schachtner (Abb. 13). Dabei wurde die von den Düsen in einer bestimmten Messzeit abgegebene Flüssigkeitsmenge über Schläuche, die mit Schnelkkupplungen ausgestattet waren, in Messzylinder geleitet. Die bei Betriebsdrücken von 4, 8, 12 und 16 bar abgelesenen Düsenausstöße ($q_1 \dots q_n$) wurden in eine EXCEL-Tabelle eingetragen, in der durch Interpolation im Druckbereich zwischen 4 und 16 bar für jeden ganzzahligen Druckwert der Geräteausstoß (Q) errechnet wurde. Die exakte Arbeitsgeschwindigkeit (v) wurde beim Befahren einer 50 m langen Teststrecke ermittelt. In einem weiteren Tabellenteil wurde nach der allgemeinen Dosiergleichung aus der Fahrgeschwindigkeit, dem Geräteausstoß und der Arbeitsbreite (Reihenabstand) für jede Druckstufe die Brüheaufwandmenge pro Hektar errechnet. Tabelle 1 zeigt die Kalibrierungsdaten am Beispiel eines Tangentialgebläses. Eine EXCEL-Tabelle in der dargestellten Form eignet sich als gerätespezifische Dosiertabelle auch sehr gut für die Gerätekalibrierung in der Praxis.

3.2 Messung des Leistungsbedarfes

Unter dem Aspekt der Energieeinsparung sollte



Abb. 13: Einzeldüsenprüfstand zur Gerätekalibrierung

bei der Bewertung zeitgemäßer Produktionsmethoden auch der Leistungsbedarf von Arbeitsgeräten nicht unberücksichtigt bleiben. Deshalb wurde bei allen untersuchten Gebläsetypen zunächst die Leistungsaufnahme bei einer Zapfwelldrehzahl von 540 min^{-1} ermittelt. Bei Geräten mit Zapfwellen-

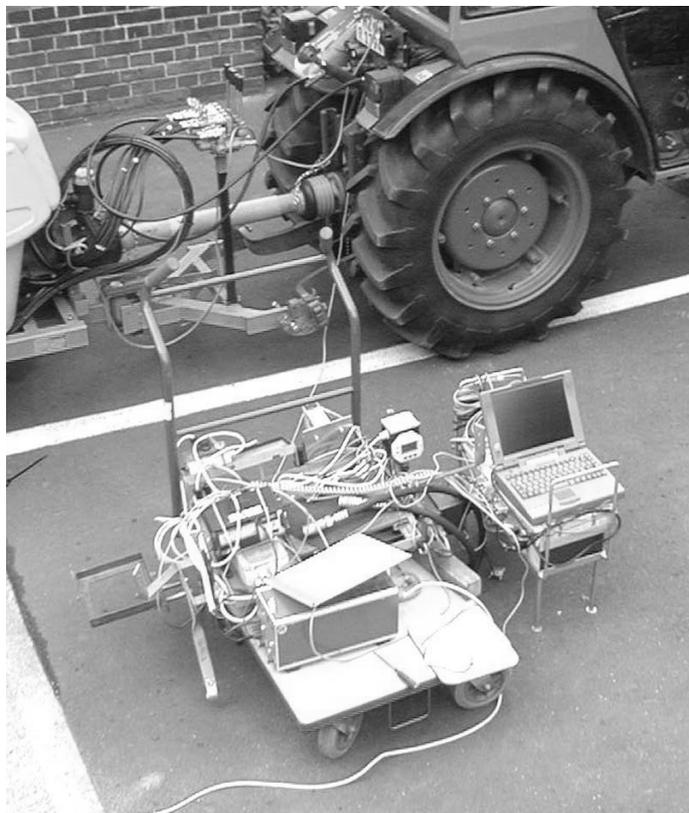


Abb. 14: Messung des Leistungsbedarfes an der Zapfwelle

antrieb wurde dazu eine Drehmomentmesswelle zwischen Schlepper und Gerät installiert (Abb. 14). Die Differenzierung nach Gebläseleistung und Pumpenleistung, die hier weniger interessierte, erfolgte in der Weise, dass zunächst die Gesamtleistungsaufnahme und im Anschluss daran



Abb. 15: Druck- und Durchflußmesser zur Ermittlung der Hydraulikleistung

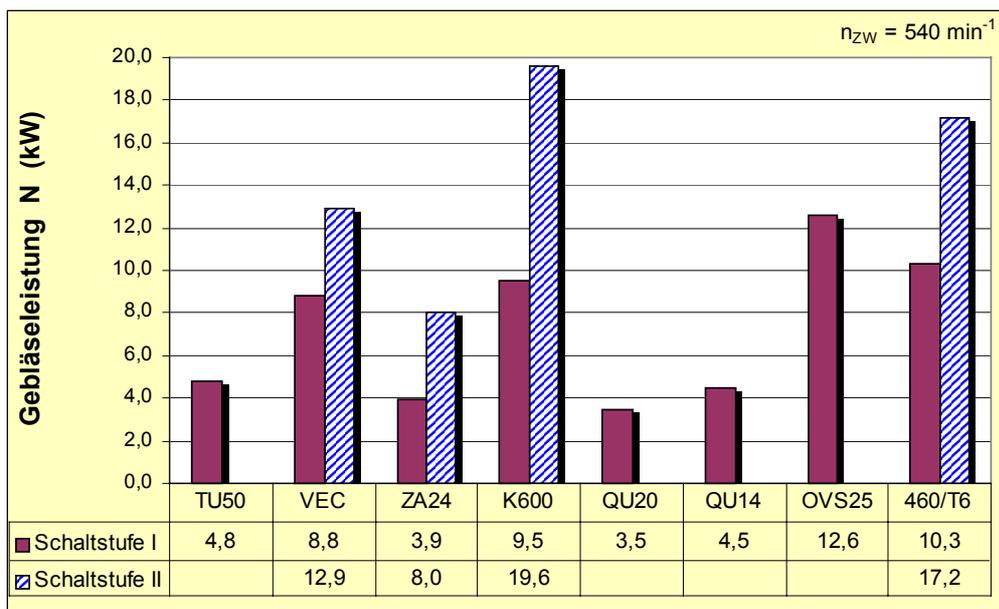
die Leistungsaufnahme bei abgeschaltetem Gebläse (Pumpenleistung) gemessen wurde. Aus der Differenz der Gesamtleistung und der Pumpenleistung wurde die reine Gebläseleistung errechnet. Bei Gebläsen mit hydraulischem Antrieb wurde ein Messwertempfänger für Druck und Durchflussmenge (Abb. 15) in den Ölkreis geschaltet. Aus dem Produkt beider Größen wurde die Leistungsaufnahme des Lüfterantriebes errechnet.

Die Pumpenleistung wurde bei einem Betriebsdruck von 10 bar ermittelt. Da sämtliche Testgeräte mit einer Kolben-Membranpumpe ausgestattet waren, traten kaum Unterschiede zwischen den Pumpentypen der gleichen Größenkategorie auf. So lag die erforderliche Antriebsleistung bei Pumpen mit einem Fördervolumen bis 70 l/min, wie sie in der Regel bei Anbaugeräten eingesetzt werden, zwischen 1,5 und 2,5 kW. Bei Nachläufern mit Pumpen der Leistungsklasse bis 110 l/min wurden bei 10 bar Betriebs-

druck Antriebsleistungen bis zu 3,5 kW gemessen.

Die Fahrleistung, die vom Gerätegewicht, der Hangneigung, der Fahrbahnbeschaffenheit und der Fahrgeschwindigkeit abhängt, wurde anhand älterer Messergebnisse errechnet. Ein Überblick über die Gesamtleistungsbilanz beim Einsatz unterschiedlicher Gebläsebauarten in der Ebene und am Hang wird in Kapitel 4 gegeben.

Graphik 1 zeigt die reine Gebläseleistung aller untersuchten Gerätetypen bei einer Zapfwellendrehzahl von 540 min^{-1} . Sofern die Geräte mit Schaltgetriebe ausgestattet waren, sind die Leistungswerte für beide Schaltstufen angegeben. Etwa gleiche Werte weisen mit etwa 4 kW das einfache Axialgebläse TU50, das moderne Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitsystem ZA24 und die beiden Tangentialgebläse QU20 und QU14 auf. Bei den einstufigen Typen TU50, QU20 und QU14 wurde der Leistungsbedarf also bei maximaler Drehzahl gemessen. Das Luft-



Graphik 1: Leistungsbedarf verschiedener Gebläsetypen

leistungspotenzial deckt dabei auch die Anforderungen größerer Reihenabstände in jedem Falle ab. Beim Tangentialgebläse kann die Drehzahl in Normalanlagen, wie in der Praxis üblich, ohne weiteres noch etwas reduziert werden.

Bei der zweistufigen Version des Typs ZA24 erhöht sich in Schaltstufe II die Drehzahl von etwa $22\,000\text{ min}^{-1}$ auf $28\,000\text{ min}^{-1}$. Dabei verdoppelt sich der Leistungsbedarf von etwa 4 auf 8 kW. Im Weinbau wird die Schaltstufe II bei diesem Gebläsetyp in der Regel jedoch nicht benötigt. Mit über 8 kW in Schaltstufe I und über 12 kW in Schaltstufe II hat das Umkehraxialgebläse VEC bei etwa gleicher Luftleistung einen vergleichsweise hohen Leistungsbedarf. Da dieser Gebläsetyp inzwischen vom Markt genommen wurde, wurde er im Verlauf des weiteren Versuchsprogrammes nicht mehr berücksichtigt. Auch das als Nachfolgemodell angebotene Doppelaxialgebläse K600 benötigt mit 9,5 kW in Schaltstufe I und fast 20 kW in Schaltstufe II eine außerordentlich hohe Antriebsleistung. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass dieser Gebläsetyp, wie in Kapitel 4 noch ausführlicher erläutert wird, bereits einer höheren Luftleistungs-klasse zuzuordnen ist.

Abgesehen vom Doppelaxialgebläse erfordern die beiden Radialgebläse erwartungsgemäß die höchste Antriebsleistung. Der einstufige Typ OVS25 erzeugt mit über 12 kW einen sehr intensiven Luftstrom. Entsprechend den Anforderungen von Normalanlagen ist bei diesem Gebläsetyp ohne weiteres eine Reduzierung der Zapfwellendrehzahl auf 400 bis 450 min^{-1} möglich. Dabei reduziert sich der Leistungsbedarf etwa um ein Drittel. Der Radialgebläsetyp 460/T6 erzeugt in Schaltstufe I bei einer Leistungsaufnahme von etwa 10 kW einen voll ausreichenden Luftstrom. Die Schaltstufe II mit einem Leistungsbedarf von etwa 17 kW wird im Weinbau in der Regel nicht benötigt.

3.3 Aufnahme von Luftverteilungsprofilen

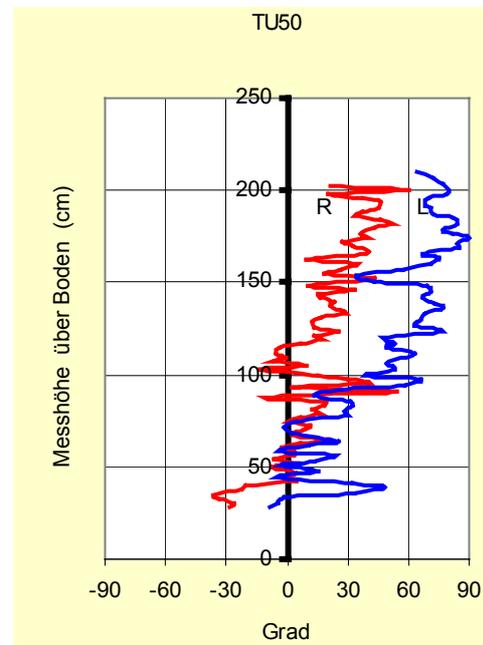
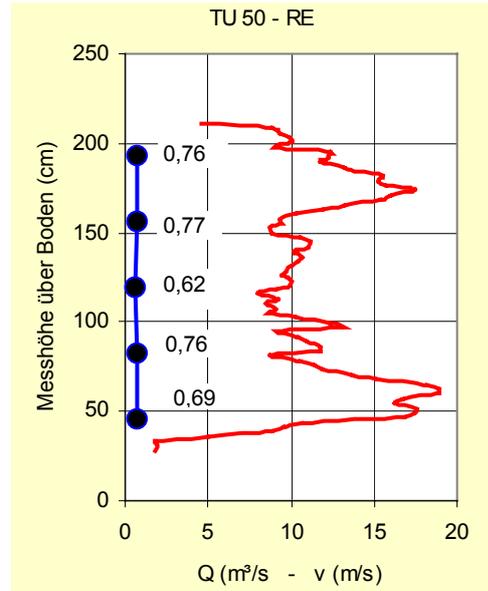
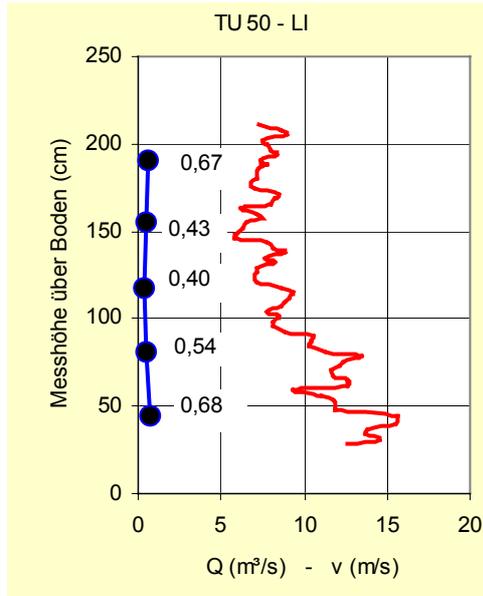
Zur Aufzeichnung der vertikalen Luftverteilungsprofile wurde der in einem früheren Vorhaben eingesetzte Messstand weiterentwickelt. Im Gegensatz zu der Vorläuferausführung wurde das vorgegebene Raster nicht nach dem Zufallsprinzip, sondern gezielt nach vorher eingestellten Vorgaben abgefah-

ren. Dabei wurde das Messsystem in der Vertikalen mit einer Vorschubgeschwindigkeit von etwa $0,036\text{ m/s}$ kontinuierlich auf und ab bewegt und in der Horizontalen nach jedem Zyklus um 2,5 cm in Fahrtrichtung verschoben. Als Messwertaufnehmer diente ein Ultraschallsensor, mit dem Luftgeschwindigkeit und Strömungsrichtung erfasst wurden. Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit dem Datenerfassungssystem DaisyLab v. 3.52 der Firma Datalog.

Zur Ablage der Rohdaten wurde ein EXCEL-Tableau erstellt, in dem nach z. T. aufwändigeren Transaktionen die Werte der Verteilungskurven von Luftgeschwindigkeit und Strömungsrichtung aus den horizontalen Messpositionen mit maximaler Luftgeschwindigkeit errechnet wurden. Zur Darstellung der vertikalen Verteilung der Luftmenge wurden die Luftvolumina in 5 Höhenpositionen aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittsfläche des Messfensters errechnet.

Die Luftstromprofile der charakteristischen Gebläsevarianten sind in den folgenden Graphiken dargestellt. Bei Axialgebläsen wird dabei wegen der unterschiedlichen Strömungsverhältnisse auf beiden Gebläse-seiten zwischen linker und rechter Gebläse-seite differenziert. Für einige Gebläse mit Schaltgetriebe sind die Luftstromparameter beider Schaltsufen berücksichtigt. Neben der Luftstromgeschwindigkeit in 1 m Abstand von der Gerätemitte ist die Strömungsrichtung als Abweichung von der Horizontalen über der Messhöhe dargestellt. Im Graphikteil der Luftgeschwindigkeit ist darüber hinaus für 5 Höhenpositionen die Luftmenge angegeben. Diese Angabe mit der ungewöhnlichen Dimension (m^3/s) wurde aus darstellungstechnischen Gründen gewählt und bezieht sich auf einen Höhenausschnitt von 2,5 cm. Im weiteren Verlauf der Gebläsebewertung werden diese Angaben auf den gesamten Teilhöhenausschnitt umgerechnet und in der gewohnten Dimension (m^3/h) angegeben.

Graphik 2 zeigt die Luftstromprofile eines Axialgebläses der 1. Generation. Was hier deutlich ins Auge fällt, sind, sowohl bei der Luftgeschwindigkeit als auch bei der Strömungsrichtung, die durch die Drehrichtung bedingten Unterschiede zwischen beiden Gebläse-seiten. Während sich die Luftgeschwindigkeit auf der linken Seite mit zunehmender Höhe durch eine mehr oder weniger kontinuierliche Abnahme auszeichnet,



Graphik 2: Luftstromprofil, Axialgebläse der 1. Generation (TU50)

erweisen sich die beiden ausgeprägten Maxima im oberen und unteren Grenzbereich der Laubwand auf der rechten Seite als gravierender Nachteil dieser Gebläsebauart. Bei der Strömungsrichtung zeigt sich der Nachteil eher auf der linken Gebläseseite, wo die Strömung besonders in der oberen Laubwandhälfte steil nach oben gerichtet ist.

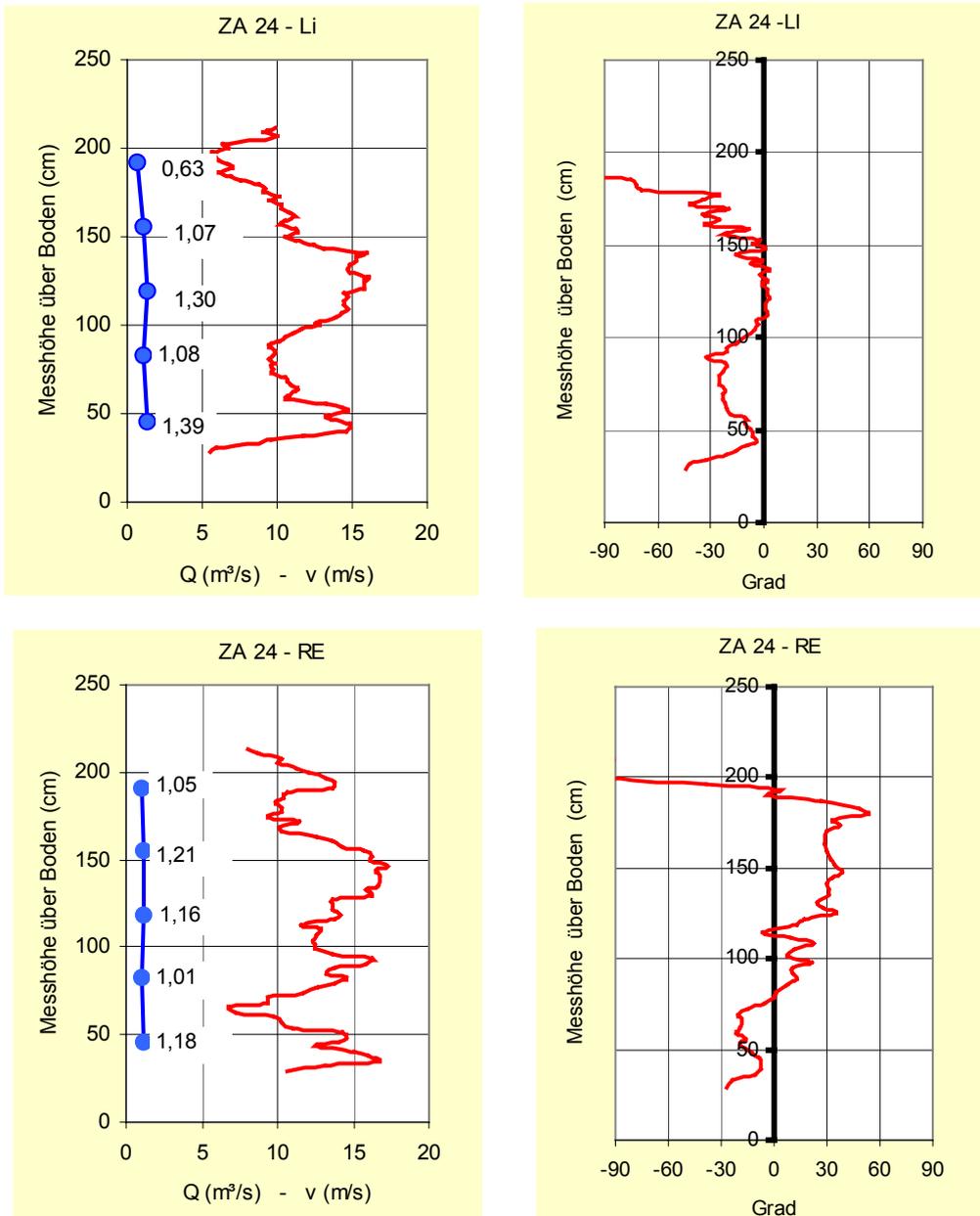
Auch beim Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitsystem bestehen Unterschiede zwischen beiden Gebläseseiten.

Wie Graphik 3 zeigt, präsentiert sich diese Gebläsebauart insgesamt zwar wesentlich vorteilhafter, als das Axialgebläse der

1. Generation, allerdings unterliegt die Strömungsgeschwindigkeit auch hier sehr starken Schwankungen. Auf beiden Seiten deutet sich eine Abnahme mit der Höhe an, was durchaus als Vorteil zu bewerten ist. Obwohl die Strömungsrichtung auf der rechten Seite in der oberen Laubwandhälfte auch bei diesem, weitaus moderneren Typ zu 30 Grad nach oben weist, sorgt das Leitsystem insgesamt für einen mehr horizontal ausgerichteten Luftstrom, der auf der linken Gebläseseite stellenweise sogar leicht nach unten gerichtet ist.

Da bei den weiteren Gebläsebauarten bauartbedingt einigermaßen gleichmäßige Symmetriebedingungen herrschen, kann sich die Darstellung des Strömungsprofils auf eine Gebläseseite beschränken. Das Doppelaxialgebläse zeichnet sich durch einen sehr viel homogeneren Verlauf der Luftgeschwindigkeitskurve aus (Graphik 4). Von Nachteil ist jedoch, dass die Luftgeschwindigkeit, wie auch die Luftmenge von unten nach oben hin eine eher ansteigende Tendenz aufweist. Da auch die Strömungsrichtung mit zunehmender Höhe immer steiler wird, ist dieser Gebläsetyp besonders stark abtriftdisponiert. Auf den Erfolg einer daraufhin in die Wege geleiteten Überarbeitung des Luftleitsystems wird unten noch eingegangen.

Den Luftstrom mit der größten Homogenität erzeugt nach wie vor das Tangentialgebläse. Wie Graphik 5 zeigt, wird diese Homogenität bei der Luftgeschwindigkeit lediglich durch Hindernisse im Luftstrom, wie durch die Düsenstationen gestört. Auch die Homogenität der nahezu exakt horizontal

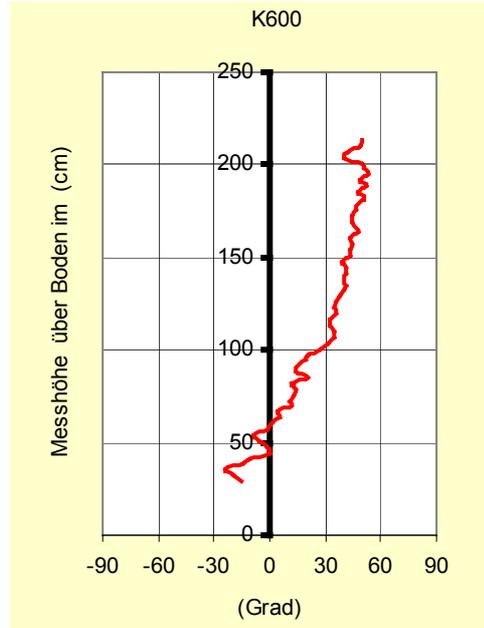
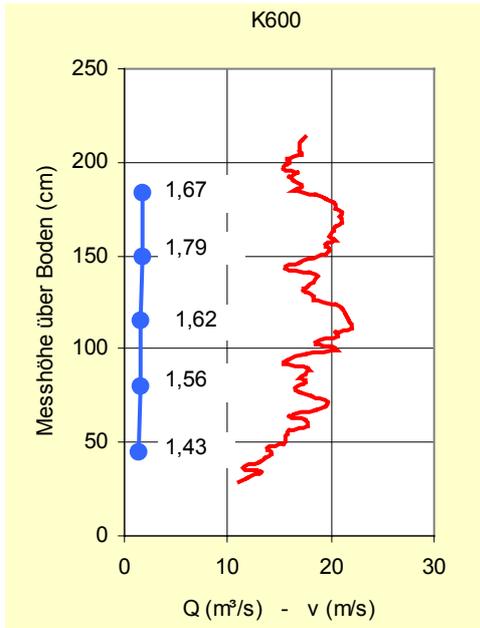


Graphik 3: Luftstromprofil, Axialgebläse mit geschlossenem Leitsystem (ZA24)

verlaufenden Strömungsrichtung wird von keiner anderen Gebläsebauart übertroffen. Lediglich im Bereich der Gipfelzone deutet sich eine leicht abfallende Tendenz an. Dass die Homogenität des Luftstromes auch beim Tangentialgebläse noch weiter verbessert werden kann, zeigt die Luftgeschwindigkeitskurve der überarbeiteten Gebläseversion mit außenliegenden Düsenstationen in Graphik 6. Die 3 Piks nach unten werden hier durch das Mittellager und die beiden Querstege des Schutzgitters verursacht, auf die künftig verzichtet werden soll.

Graphik 7 zeigt das Strömungsprofil des Radialgebläses OVS25. Nach anfänglichen

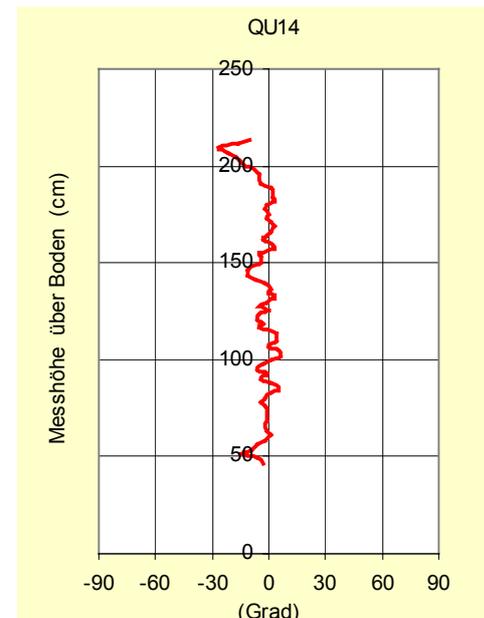
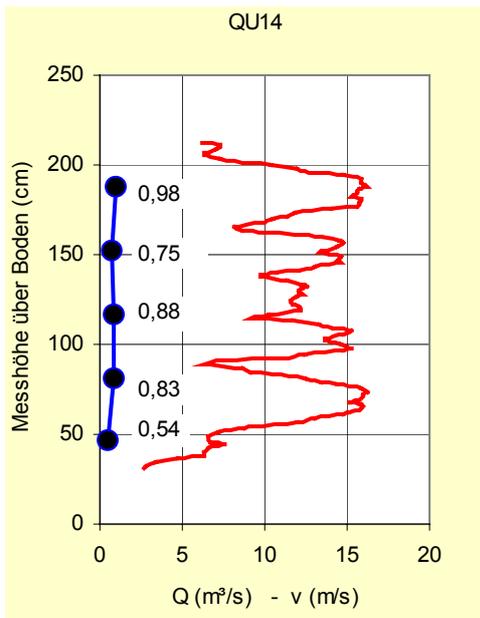
Problemen mit der Ausrichtung und Begrenzung des Luftstromes konnte nach einer intensiven Überarbeitung ein durchaus passables Strömungsverhalten erreicht werden. Die Tendenz der leicht abnehmenden Luftgeschwindigkeit mit der Höhe sowie die Tatsache, dass bei sachgemäßer Einstellung der Luftleitbleche im Bereich der Gipfelzone kaum noch eine Luftbewegung stattfindet, ist durchaus positiv zu bewerten. Auch der vertikale Anströmungswinkel der Laubwand konnte gegenüber der Vorläuferversion erheblich reduziert werden und beträgt nun kaum mehr als 30 Grad.



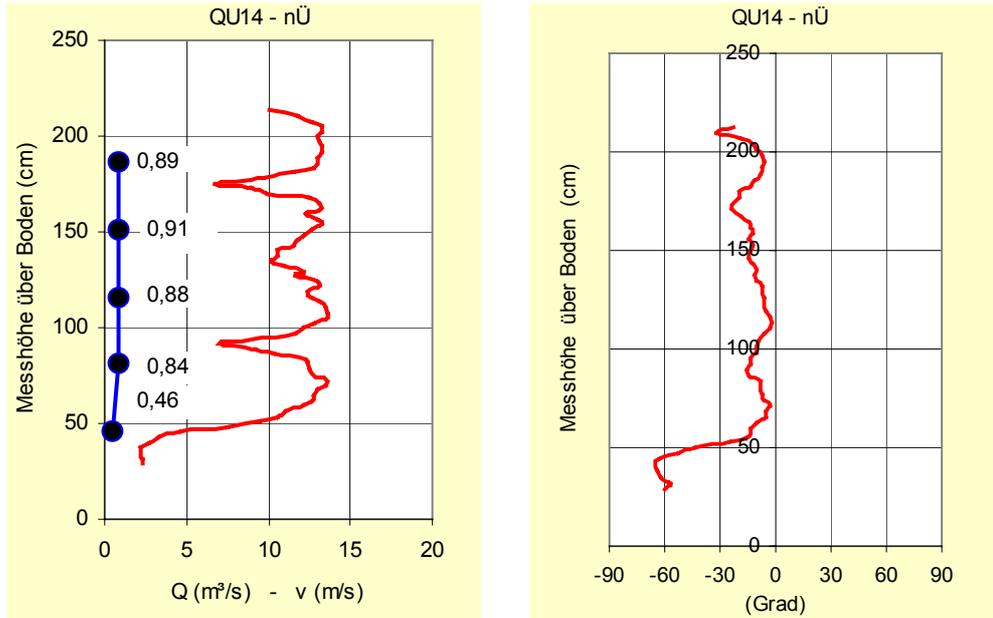
Graphik 4: Strömungsprofil, Doppelaxialgebläse (Stufe I) vor einer Überarbeitung (K600)

In nahezu idealer Weise präsentiert sich das in Graphik 8 dargestellte Strömungsprofil des Radialgebläsetyps T460/6. Die individuelle Ausrichtung der drei fächerförmigen Luftaustrittsöffnungen auf jeder Seite ermöglicht infolge der Überlappung im erwünschten Bereich der Traubenzone eine Konzentration des Luftstromes. Demzufolge wird der mittlere Laubwandbereich mit maximaler Luftgeschwindigkeit und maximaler Luftmenge angeströmt. Im Bereich der Gipfelzone lässt sich der Sprühstrahl bei entspre-

chender Ausrichtung der oberen Fächer sehr wirkungsvoll abgrenzen. Sind diese, wie während der Messung leicht nach unten geneigt, trägt die im oberen Laubwandmittel nach unten gerichtete Strömung, wie unten aufgeführte Ergebnisse noch zeigen werden, entscheidend zur Vermeidung von Wirkstoffaustrag bei.



Graphik 5: Strömungsprofil, Tangentialgebläse QU14 (1900 min^{-1})

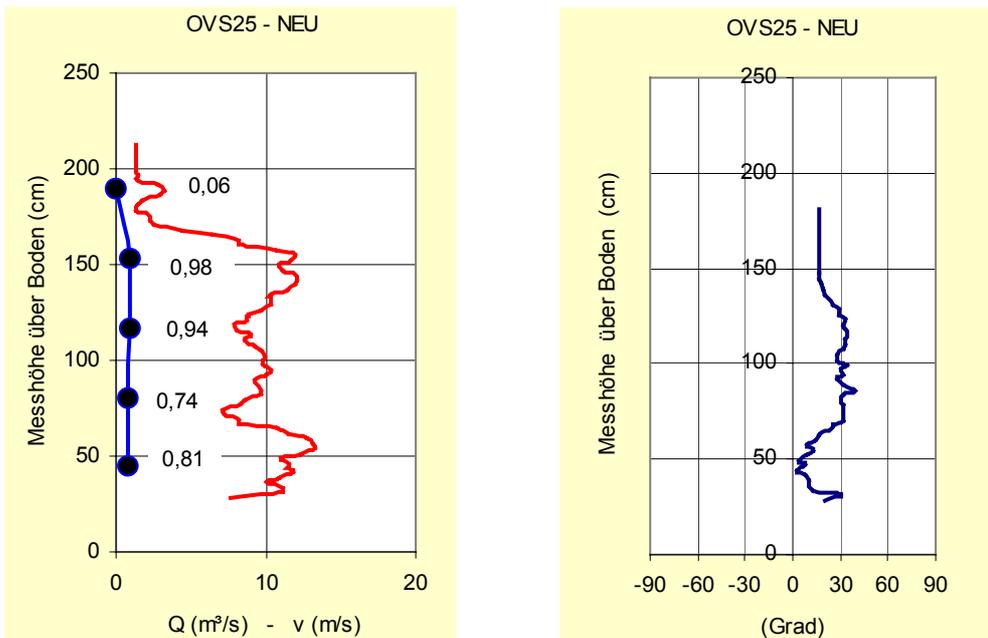


Graphik 6: Strömungsprofil, QU14 mit außenliegenden Düsen (1600 min^{-1})

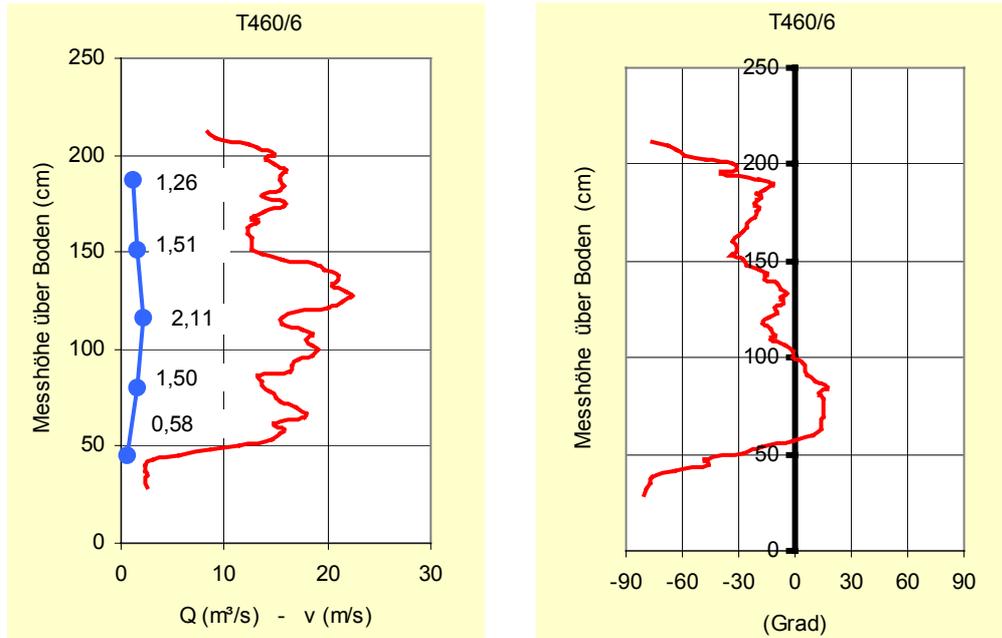
3.4 Messung der Vertikalverteilung

Die Ermittlung der vertikalen Wirkstoffverteilung erfolgte beim Befahren der Messbahn, wobei auf jeder Seite Filterpapierstreifen in 4-facher Wiederholung mit Magneten an Stahlrohren befestigt waren (Abb. 16). Der Abstand der Messpositionen quer zur Fahrtrichtung betrug 2,00 m und entsprach damit dem gängigen Reihenabstand moderner Anlagenformen.

Die Anlagerungsmenge wurde bis zu einer Höhe von 2,50 m in Abständen von 10 cm erfasst. Die Applikation der mit einem Tracer markierten Spritzflüssigkeit wurde nach Möglichkeit bei Windstille durchgeführt, um äußere Einflüsse auf die Vertikalverteilung auszuschließen. Nachdem die Beläge angetrocknet waren, wurden die Filterpapierstreifen abgenommen, in die entsprechenden Abschnitte zerteilt und in Petrischalen verpackt. Die quantitative Bestimmung der angelagerten Brühemenge erfolgte über



Graphik 7: Strömungsprofil, Radialgebläse OVS25 (nach Überarbeitung)



Graphik 8: Strömungsprofil, Radialgebläse T460/6 (Schaltstufe I)

den Tracer nach einer schon mehrfach beschriebenen Messmethode (s. ATW-Bericht 110). Dank eines neuen Analysegerätes mit automatischer Probenentnahme (Abb. 17) konnte das Messverfahren erheblich rationalisiert und damit ein außerordentlich hoher Probenumfang bewältigt werden. Sämtliche Geräte wurden mit gleicher Düsenbestückung (2 x 5 ATR/gelb), gleichem

Druck (10 bar) und gleicher Fahrgeschwindigkeit (5,6 km/h) einsetzt. Diese Einstellungen wurden auch bei den weiteren Versuchen auf der Messbahn beibehalten. Die dosiertechnisch bedingten Unterschiede in der Ausbringmenge waren gering und wurden bei der Verrechnung der Analysendaten korrigiert.



Abb. 16: Messstand zur Erfassung der Luftstromprofile (Einblendung: Ultraschall-Sensor für Luftgeschwindigkeit und Strömungsrichtung)



Abb. 17: Messbahn

In den folgenden Graphiken ist für die 6 Gebläsegrundvarianten die Vertikalverteilung beider Gebläseseiten dargestellt, wobei die einzelnen Balken jeweils Abschnitte von 10 cm repräsentieren. Da die zu Grunde liegenden Werte (% der Aufwandmenge pro ha) standardisiert sind, sind sämtliche Varianten direkt miteinander vergleichbar. Dass im linken Teil der Graphiken Abszissenwerte mit negativem Vorzeichen auftreten, ist darstellungstechnisch bedingt und hinsichtlich der Aussage nicht von Bedeutung.

Beim älteren Axialgebläsetyp TU50 konzentriert sich die Wirkstoffverteilung sehr stark auf den Bereich der Traubenzone (Graphik 9). Eine derartige Verteilung ist durchaus erwünscht, da sie einerseits der auf diesen Bereich konzentrierten Blattmasse entspricht und andererseits die Belagsbildung an den Trauben begünstigt. Der große Nachteil dieses Gebläsetyps besteht jedoch in der hohen Wiederfindungsrate oberhalb der Gipfelzone, womit dem Wirkstoffauftrag



Abb. 18: Messung der Vertikalverteilung

und der Abtrift in erheblichem Maße Vorschub geleistet wird. Auch die im Stammbereich unterhalb einer Höhe von 0,50 m wiedergefundene Flüssigkeitsmenge, die als Hauptursache der Bodenbelastung gilt, entspricht bei weitem nicht den Anforderungen an ein modernes Pflanzenschutzgerät.

Beim Axialgebläsetyp ZA24 mit geschlossenem Luftleitsystem machen sich die im Verlauf der Entwicklung erzielten Fortschritte sehr deutlich bemerkbar (Graphik 10). Da sowohl in den Stammbereich als auch in den Bereich oberhalb der Gipfelzone weitaus weniger Wirkstoff gelangt, ist dieser Gebläsetyp hinsichtlich umweltbelastender Faktoren weitaus günstiger zu beurteilen. Insgesamt besteht der Eindruck, dass sich hier die Vertikalverteilung besser der Blattmassenverteilung annähert als bei Axialgebläsen der 1. Generation.

Das Doppelaxialgebläse (Graphik 11) erfüllt bauartbedingt die Anforderungen an die Symmetrie besser als Axialgebläse mit einem Läufer. Bei dem untersuchten Gerät handelte es sich um eine Vorversion, bei der das Luftleitsystem einer weiteren Überarbeitung bedarf. Die vergleichsweise hohe Belagsmasse oberhalb der Gipfelzone soll damit gesenkt und die Abtriftdisposition vermin-



Abb. 19: Probenaufbereitung

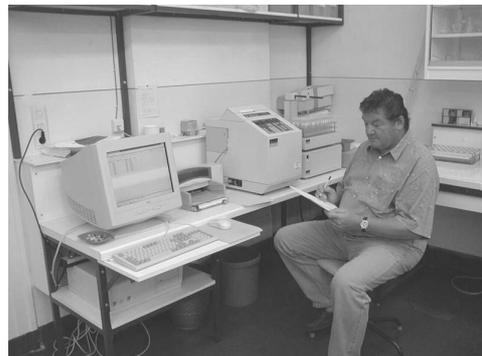
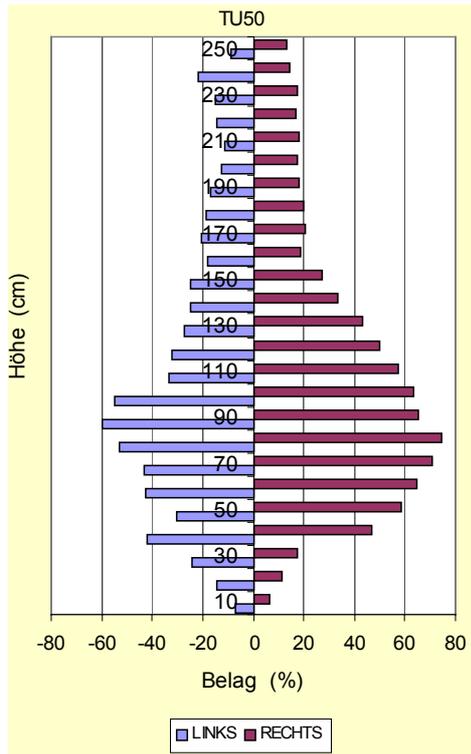
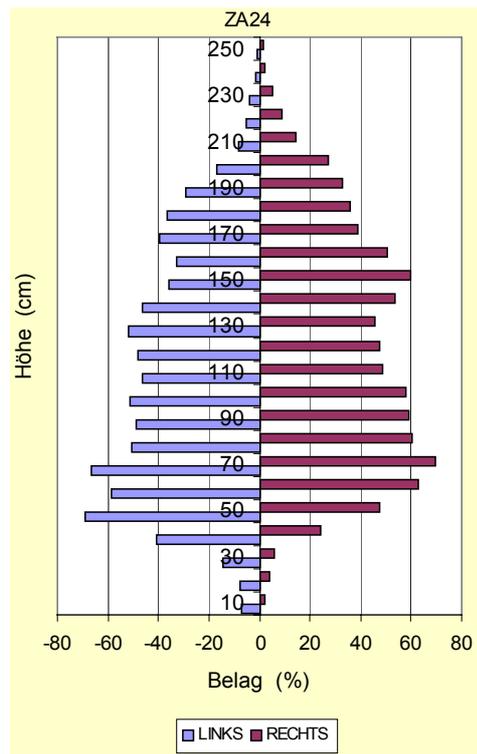


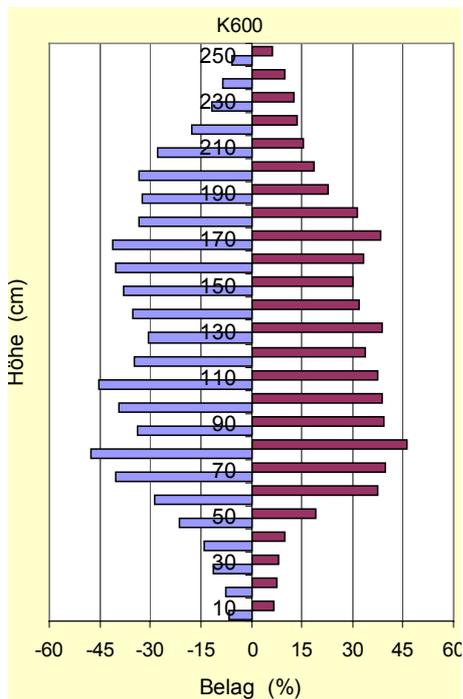
Abb. 20: Probenanalyse



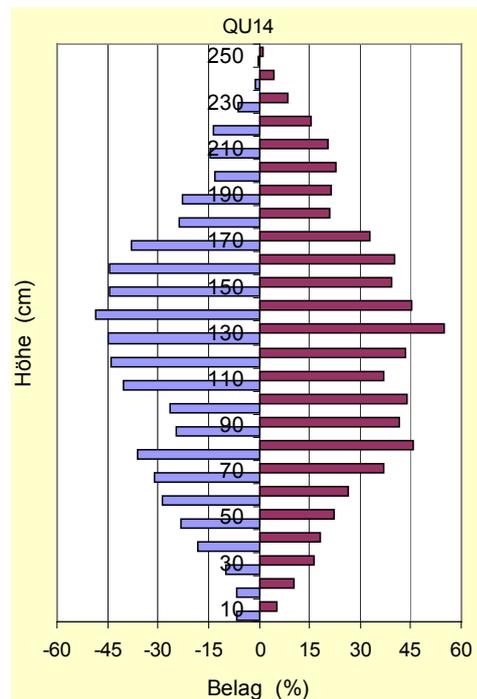
Graphik 9: Vertikalverteilung beim Axialgebläse TU50 (1. Generation)



Graphik 10: Vertikalverteilung beim Axialgebläse ZA24 (2. Generation)



Graphik 11: Vertikalverteilung beim Doppeltaxialgebläse K600 (Vorversion)

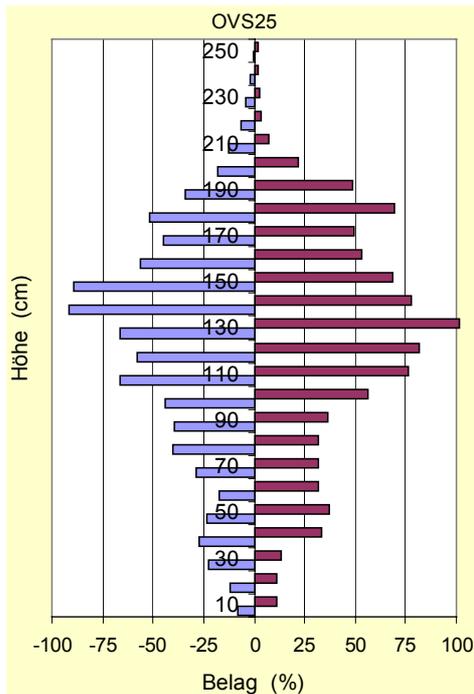


Graphik 12: Vertikalverteilung beim Tangentialgebläse QU14 (bisherige Version)

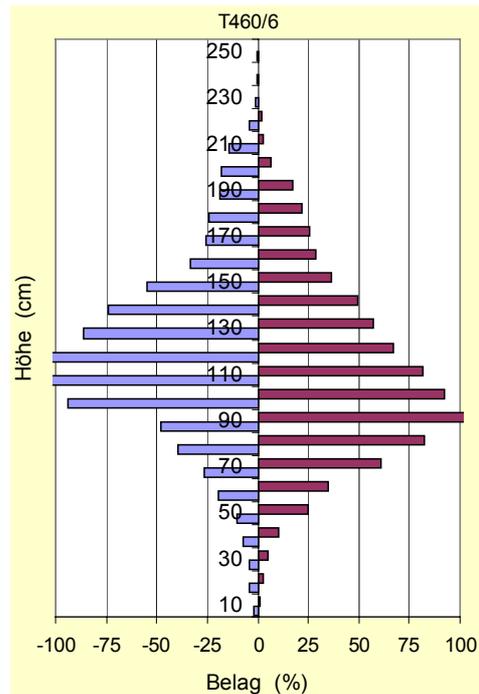
dert werden. Diesbezügliche Möglichkeiten werden unten noch ausführlicher erläutert.

Bei dem untersuchten Tangentialgebläse (Graphik 12) handelt es sich um die bisher angebotene Version des Typs QU14, die

zum besseren Vergleich mit anderen Geräten entgegen der Praxisempfehlung mit einheitlichen Düsenkalibern an allen Düsenstationen bestückt war. Dennoch kann die Verteilungsqualität als zufriedenstellend be-



Graphik 13: Vertikalverteilung beim Radialgebläse OVS25 (Vorversion)



Graphik 14: Vertikalverteilung beim Radialgebläse T460/6

zeichnet werden. Im Bereich der Gipfelzone ist die Anlagerung in 2,50 m Höhe praktisch abgeschlossen, so dass sich der Austrag von Sprühteilchen in Grenzen hält. Lediglich der im Stammbereich freigesetzte Wirkstoffanteil ist hinsichtlich der daraus resultierenden Bodenbelastung noch kritisch zu sehen. Bei der überarbeiteten Geräteversion mit außenliegenden, beweglichen Düsenstationen kann diesem Problem jedoch wirkungsvoll begegnet werden. Wie bei diesem Gerät eine optimale Konfektionierung des Düsenverbandes zur Optimierung der Vertikalverteilung beiträgt, wird im Rahmen der Diskussion ausführlich erläutert.

Auch bei einer Vorversion des Radialgebläsetyps OVS25 präsentiert sich die Vertikalverteilung noch nicht im optimalen Licht (Graphik 13). Den Hauptkritikpunkt stellt hier das Anlagerungsmaximum dar, dass zu weit oberhalb der Traubenzone liegt. Auch bei diesem Gebläsetyp wird im Rahmen der Diskussion noch ausführlicher auf mögliche Optimierungsmaßnahmen und deren Auswirkungen auf die Verteilungsqualität eingegangen.

Einen sehr positiven Eindruck hinterließ der Radialgebläsetyp T460/6 (Graphik 14). Das nahezu ideale Verteilungsbild, das durch die individuelle Ausrichtung der 3 fächerförmigen Luftaustrittsöffnungen ermöglicht wird, bedarf keines weiteren Kommentars.

3.5 Messung des Penetrationsverhaltens

Unter dem Penetrationsverhalten ist die Fähigkeit zur intensiven Durchdringung der Kultur und die Belagsbildung an den schwer zugänglichen Zielpositionen im Innern der Laubwand zu verstehen. Zur Quantifizierung der Penetrationsqualität unter reproduzierbaren Bedingungen kam ein Messstand zum Einsatz, bei dem die Applikation anstelle der natürlichen Laubwand auf ein homogen geformtes Zielobjekt erfolgte (Abb. 21 u. 22). Dabei wurde die Laubwandtiefe durch vier hintereinanderliegende Messebenen simuliert. Jede Ebene bestand aus einer Reihe vertikal angeordneter Kunststoffrohre mit 100 mm Durchmesser und 100 mm Abstand zueinander. Die Ebenen waren um 100 mm zueinander versetzt, so dass die Rohre vom Sprühstrahl umströmt werden mussten. Die Rohre waren in unterschiedlichen Höhen mit Halterungen zum Anbringen von Filterpapieren oder wassersensitiven Papieren bestückt, die als Kollektoren zum Auffangen der Sprühteilchen dienten. Als Kriterien der Penetrationsfähigkeit wurden die Belagsmasse, der Bedeckungsgrad und die Tropfendichte in den 4 Eindringtiefen ermittelt. Die Belagsmasse wurde auf fluorimetrischem Wege, Bedeckungsgrad und Tropfendichte wurden mit Hilfe der digitalen Bildanalyse bestimmt.

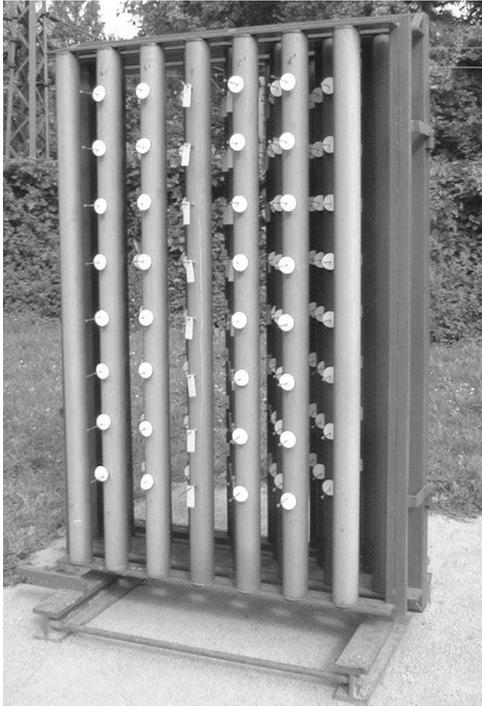


Abb. 21: Penetrationsmessstand geschlossen

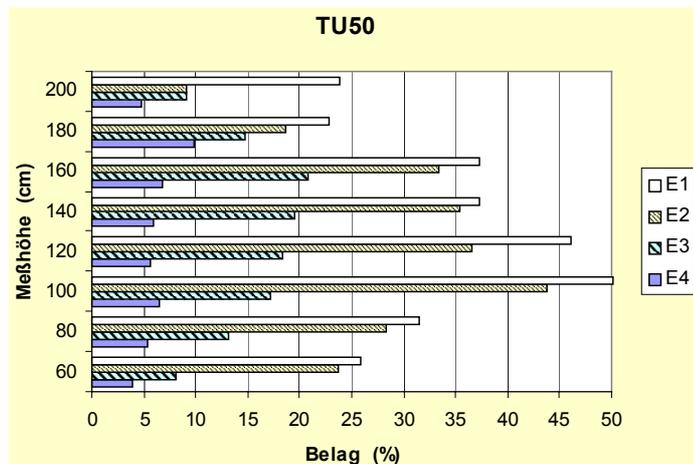


Abb. 22: Penetrationsmessstand geöffnet während der Probenahme

Die Beurteilung des Penetrationsverhaltens mit den Belagsmassen erfolgt anhand der Graphiken 15 bis 19. Da in unterschiedlichen Höhen gemessen wurde, vermitteln die Diagramme nochmals einen Eindruck von der Vertikalverteilung, wobei aufgrund des groberen vertikalen Messrasters zufällige Unregelmäßigkeiten, wie bei den oben dargestellten Ergebnissen, kaum auftreten. Abgesehen vom Radialgebläse OVS25 spiegelt sich bei der Vertikalverteilung die oben aufgezeigte Tendenz wider. Die ungünstige Vertikalverteilung beim Typ OVS25 mit dem Maximum im oberen Laubwanddrittel ist dadurch bedingt, dass dieses Gerät im Rahmen dieser Versuchsreihe in einer noch früheren Entwicklungsversion zum Einsatz kam. Bei allen Geräten fällt auf, dass sich die vertikalen Unterschiede in der Anlagerung mit zunehmender Penetrationstiefe relativieren. So treten in der dem Laubwandinnern entsprechenden Ebene 4 kaum noch Unterschiede zwischen den einzelnen Messhöhen auf. Hin-

sichtlich der erwarteten Abnahme der Belagsmassen von der Peripherie zum Laubwandinnern hin fällt auf, dass dies besonders bei den Gerätevarianten mit höherer Luftleistung nicht grundsätzlich zutreffen muss. So waren beim Axialgebläse ZA24 und besonders beim Doppelaxialgebläse K600 die Belagsmassen in Ebene 2 höher als im peripheren Bereich.

Stellt man die Belagsbildung in Ebene 4, also der am schwersten zugänglichen Zielposition als Hauptkriterium der Penetrationsfähigkeit heraus, so kann das Tangentialgebläse einen leichten Vorteil verbuchen. Bei



Graphik 15: Belagsmasse als Kriterium der Penetration, Axialgebläse TU50

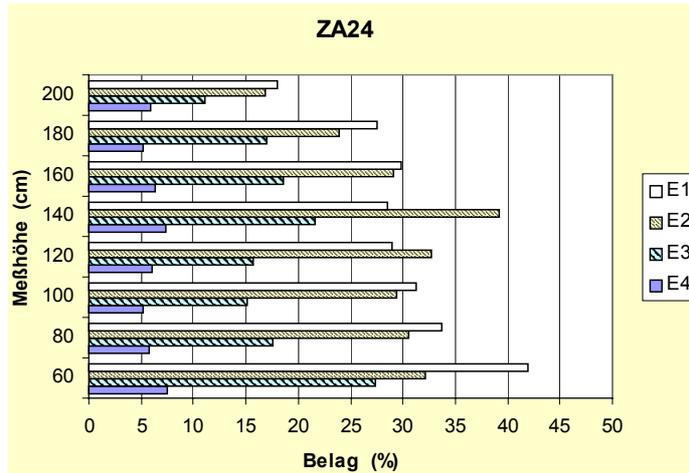
relativ geringen Unterschieden zwischen den Axialgebläsen ist es erstaunlich, dass sich der veraltete Typ TU50 in dieser Hinsicht recht gut behauptet. Leider stand das Radialgerät T460/6 für diese Messreihe noch nicht zur Verfügung.

Da neben der Belagsmasse auch die Belagsstruktur die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln beeinflusst, sind in Graphik 20 und 21 die über die Messhöhe gemittelten Flächenbedeckungsgrade (belegte Fläche in % der Gesamtfläche) und die Tropfendichtewerte (Tropfen pro cm²) der gleichen Gerätevarianten dargestellt. Da in den peripheren Ebenen von allen Typen geschlossene Beläge erzielt wurden, war eine Differenzierung im Penetrationsverhalten anhand der Belagsstruktur nur in größerer Eindringtiefe, d. h. in den Ebenen 3 und 4 möglich. Spektakuläre Unterschiede traten hierbei jedoch nicht auf.

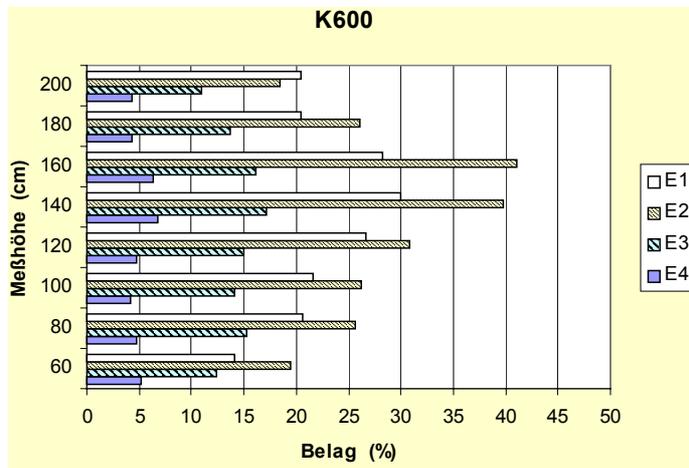
3.6 Messung der Bodenverluste

Da die bei der Messung der Vertikalverteilung festgestellten unterschiedlichen Einträge im Stammbereich auch zu unterschiedlicher Bodenkontamination führen, wurde bei den betreffenden Versuchsvarianten das Bodensediment beim Befahren der Messbahn ermittelt. Dazu wurden je 12 Petrischalen in der Fahrspurmitte sowie rechts und links der Fahrspur im Abstand von 1 m auf Alu-Rinnen ausgelegt und mit doppelseitigem Kle-

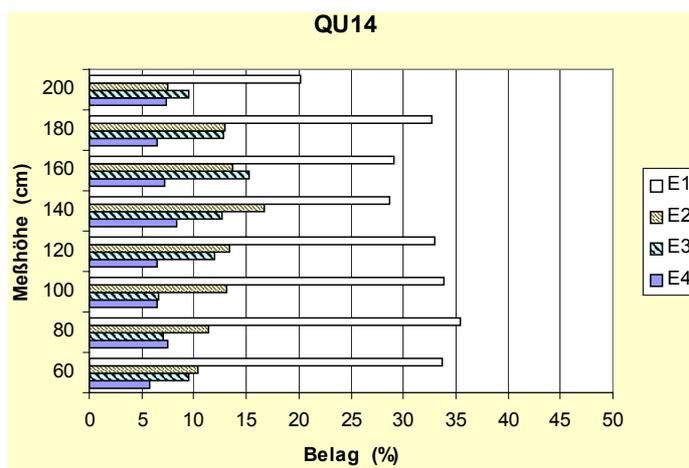
beband fixiert (siehe Abb. 18). Im Anschluss an die Messfahrt wurde die in den Schalen deponierte Tracermenge aufgenommen und



Graphik 16: Belagsmasse als Kriterium der Penetration, Axialgebläse ZA24



Graphik 17: Belagsmasse als Kriterium der Penetration, Doppelaxialgebläse K600



Graphik 18: Belagsmasse als Kriterium der Penetration, Tangentialgebläse QU14

auf fluorimetrischem Wege bestimmt.

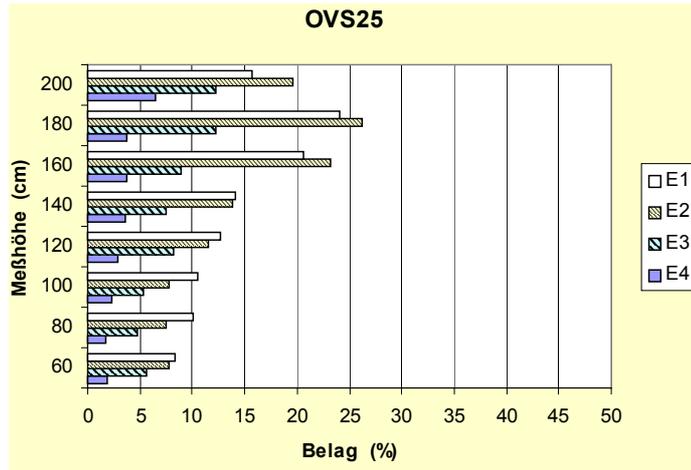
Graphik 22 zeigt die Messergebnisse der Bodenbelastung beim Befahren der Messbahn. Da einerseits die Laubwand fehlte und andererseits nur eine Fahrt erfolgte, sind die Messwerte nicht mit denen unter realistischen Bedingungen in der Rebanlage vergleichbar. Sämtliche Geräte wurden mit Standarddüsenbestückung ohne besondere Konfektionierung des Düsenverbandes eingesetzt. Die Geräte mit Schaltgetriebe wurden in der niedrigen Drehzahlstufe gefahren. Die Ergebnisse zeigen, dass die neueren Axialgebläse mit verbesserten Luftleitsystemen der ersten Axialgebläsegeneration deutlich überlegen sind. Die vergleichsweise hohen Bodenbelastungswerte beim Tangentialgebläse bestätigen die Ergebnisse früherer Untersuchungen. Bei der überarbeiteten Gebläseversion können diese durch Veränderung der unteren Düsenpositionen jedoch erheblich reduziert werden. Auch beim Radialgebläse wird von einer überarbeiteten Version eine Reduzierung des Wirkstoffaustrages unterhalb der Laubwand angestrebt.

3.7 Messung der Abtriftdisposition

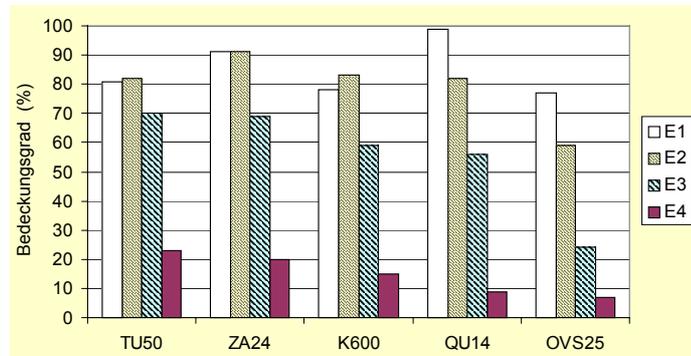
Zur Quantifizierung der Abtriftdisposition wurde der Wirkstoffaustrag über dem Bestand in Höhen von 2,50 m, 4,00 m und 5,50 m erfasst. Dazu wurden über eine Breite von 6 m Filterpapierstreifen an einem Messrahmen in den entsprechenden Höhen angebracht (Abb. 23). Nach sieben um

jeweils 2 m versetzten Messfahrten wurden die Streifen abgenommen und in 24 Segmente unterteilt (Abb. 24). Von jedem Segment wurde aus der Mitte ein 5 cm langer Streifen als Probe entnommen und fluorimetrisch ausgewertet.

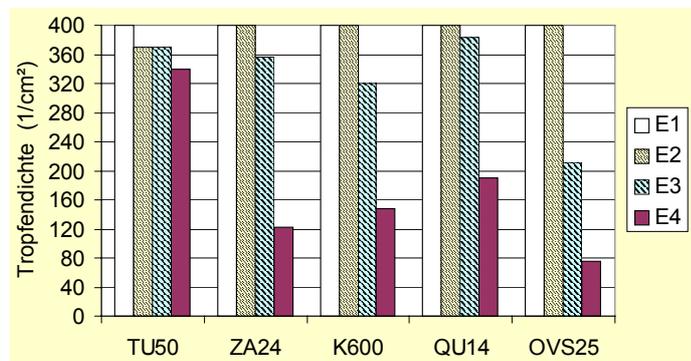
Die in Graphik 23 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass vor allem beim Axialgebläse ZA24 und beim Radialgebläse Turbo6 der Wirkstoffaustrag über der Gipfelzone stark eingeschränkt werden kann. Etwas un-



Graphik 19: Belagsmasse als Kriterium der Penetration, Radialgebläse OVS25



Graphik 20: Flächenbedeckungsgrad



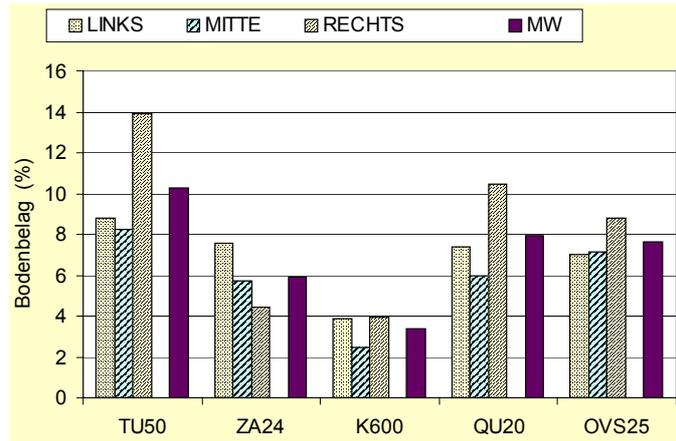
Graphik 21: Tropfendichte

günstigere Werte erbrachte das Tangentialgebläse QU14 mit standardmäßiger Ausstattung. Auf die Auswirkungen eines optimal konfektionierten Düsenverbandes bei der überarbeiteten Version dieses Gebläsetyps wird im Rahmen der Diskussion noch ausführlicher eingegangen. Auch beim Axialgebläse K600 und beim Radialgebläse OVS25, die sich hinsichtlich der Abtriftdisposition zunächst sehr negativ präsentierten, wurden inzwischen Verbesserungen am Luftleitsystem vorgenommen. Auch diese beiden Typen werden im Rahmen der Diskussion einer endgültigen Bewertung unterzogen.

4 Diskussion

4.1 Klassifizierung und Leistungsbedarf

Hinsichtlich eines objektiven Vergleiches des Leistungsbedarfes von Gebläsen ist vorab zu bemerken, dass dieser verständlicherweise nur bei Geräten der gleichen Größenkategorie möglich ist. Zwar handelt es sich hier um Typen, die annähernd der gleichen Leistungsklasse angehören, dennoch bestehen Unterschiede, die bei der objektiven Beurteilung des Leistungsbedarfes unbedingt berücksichtigt werden sollten. Der Tatsache, dass die Luftleistung von Gebläsen je nach Bauart auf unterschiedliche Weise – z. B.



Graphik 22: Bodenkontamination beim Befahren der Messbahn



Abb. 23: Messung des Wirkstoffaustrages

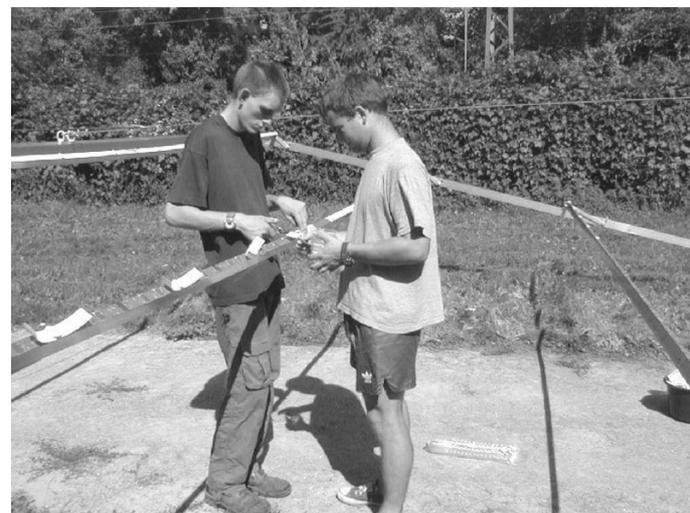
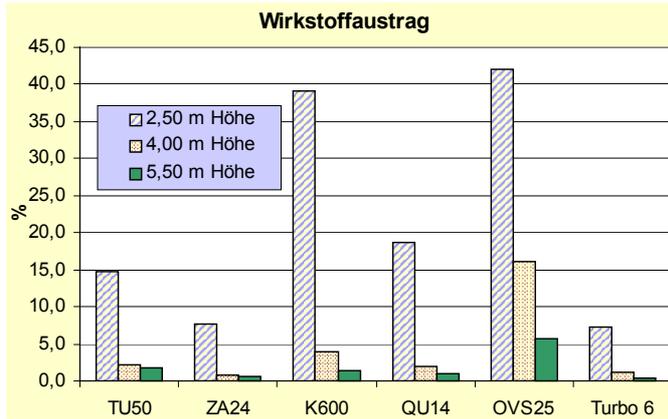


Abb. 24: Entnahme der Proben



Graphik 23: Wirkstoffaustrag als Kenngröße der Abtriftdisposition

beim Axialgebläse über die Luftmenge und beim Radialgebläse über die Luftgeschwindigkeit – erbracht wird, soll deshalb mit der Einführung einer Gebläse-Leistungskennzahl Rechnung getragen werden, die auch einen Vergleich und eine Einstufung von Gebläsen unterschiedlicher Bauart zulässt. Sie wird definiert als

$$\text{Gebläse-Leistungskennzahl GLZ} = Q [\text{m}^3/\text{h}] \times v [\text{m}/\text{s}] \times f \times 10^{-6}$$

wobei Q für das Luftfördevolumen und v für die Luftaustrittsgeschwindigkeit steht. Der dimensionslose Faktor f soll der Tatsache Rechnung tragen, dass je nach Gebläsetyp ein gewisser Luftanteil unkontrolliert verblasen wird und nicht zum gezielten Tropfentransport genutzt werden kann. Der Einfachheit halber wird hier für alle Varianten mit $f = 1$ der Idealfall unterstellt, was bedeutet, dass der gesamte Luftstrom für den Tropfentransport genutzt wird. Der Multiplikator 10^{-6} dient lediglich der Transformation des Wertes in eine anschauliche Größenordnung.

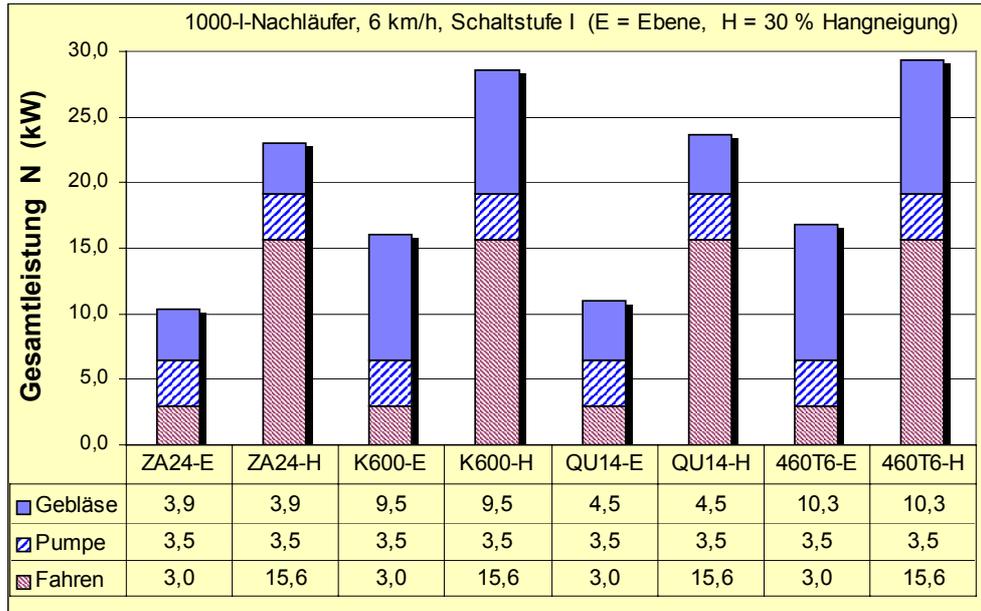
Zur Einstufung der aufgeführten Gebläsetypen sind in Tabelle 2 die Luftfördevolumina, die Luftaustrittsgeschwindigkeiten und die Gebläse-Leistungskennzahlen aufgeführt. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand können im Weinbau bei Reihenabständen bis 2,20 m Gebläse mit Leistungskennzahlen zwischen 0,5 und 0,7 als vollkommen ausreichend erachtet werden.

Allenfalls in Weitraumanlagen könnten etwas größer dimensionierte Gebläse mit Leistungskennzahlen bis maximal 1,0 von Vorteil sein. Bei Gebläsetypen mit Leistungskennzahlen > 1 handelt es sich bereits eindeutig um eine für den Einsatz im Weinbau überdimensionierte Größenkategorie, die eher den Anforderungen im Obstbau entspricht. Demzufolge sollte schon aus Gründen der Abtriftminimierung in Rebanlagen keines der untersuchten Geräte in Schaltstufe II betrieben werden.

Vergleicht man die Leistungskennzahlen der Gebläse mit dem gemessenen Leistungsbedarf (s. Graphik 1), so zeigt sich deutlich, dass sich die zur nächsthöheren Größenkategorie tendierenden Typen, wie das Axialgebläse K600 und die beiden Radialgebläse hinsichtlich der erforderlichen Antriebsleistung deutlich von der typischen Größenklasse des Weinbaues abheben. Als praxisrelevantes Kriterium ist in Graphik 24 für Schaltstufe I und in Graphik 25 für Schaltstufe II der Gesamtleistungsbedarf verschiedener Gerätetypen, der neben der Antriebsleistung des Gebläses auch die Pumpenleistung

Tab. 2: Luftleistung der untersuchten Gebläsetypen

Bauart	Typ	Luftmenge Q [m³/h]	Luftgeschw. v [m/s]	GLZ
Axialgebläse (1. Generation)	TU50	22 000	25	0,55
Umkehraxialgebläse	VEC	27 / 35 000	25 / 32	0,68 / 1,12
Axialgebläse mit geschl. Luftleitsystem	ZA24	22 / 28 000	24 / 30	0,53 / 0,84
Doppelaxialgebläse	K600	27 / 35 000	30 / 40	0,81 / 1,40
Tangentialgebläse	QU20	22 000	25	0,55
Tangentialgebläse	QU14	23 000	27	0,62
Radialgebläse (Trommelläufer)	OVS25	22 000	40	0,88
Radialgebläse (Turbine)	460/T6	12 / 15 000	60 / 80	0,72 / 1,20

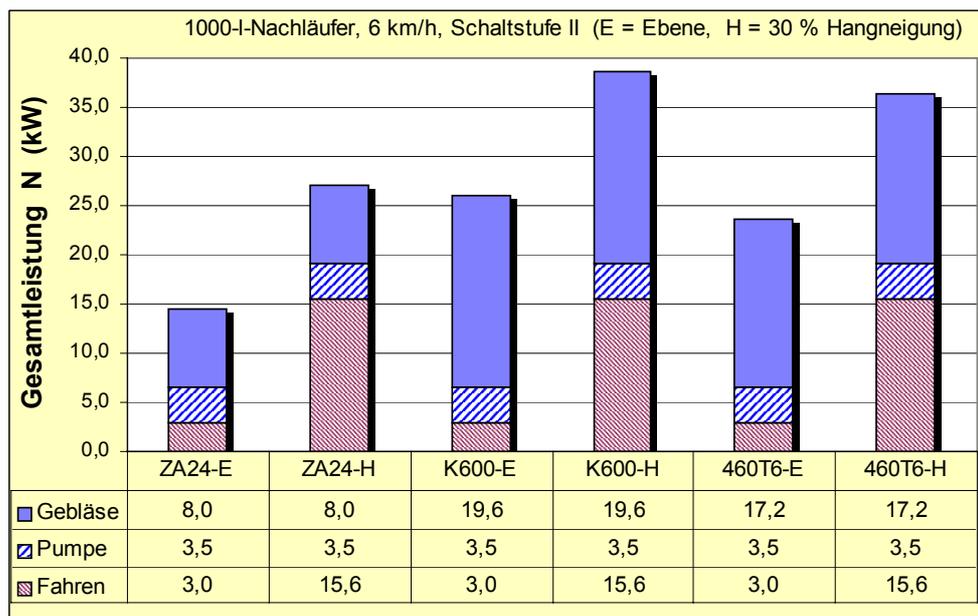


Graphik 24: Gesamtleistungsbedarf bei niedriger Gebläsedrehzahl (Schaltstufe I)

und die Fahrtriebsleistung beinhaltet, dargestellt. Die Fahrleistung bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h wurde dabei für einen 1 000-l-Nachläufer mit vollem Tank beim Befahren einer Flachlage und einer Hanglage mit 30 % Steigung unter Berücksichtigung des Gerätegewichtes, des Schlepbergewichtes und des Rollwiderstandes bei offenem Boden auf der Basis bekannter Messwerte errechnet. Die Pumpenleistung bezieht sich bei allen Geräten entsprechend dem Behältervolumen auf eine Förderlei-

tung von 110 l/min und auf einen Betriebsdruck von 10 bar.

In Schaltstufe I weisen alle Gebläsetypen beim Befahren der Ebene einen moderaten Leistungsbedarf von etwa 10 kW beim Axialgebläse ZA24 und beim Tangentialgebläse QU14 sowie kaum mehr als 15 kW beim Doppelaxialgebläse K600 und bei Radialgebläse 460T6 auf. Bei 30 % Hangneigung steigt jedoch der Gesamtleistungsbedarf bei ersteren auf 20–25 kW und bei den beiden großzügiger dimensionierten Typen bereits auf fast 30 kW. Werden diese gar in Schalt-



Graphik 25: Gesamtleistungsbedarf bei hoher Gebläsedrehzahl (Schaltstufe II)

stufe II betrieben, was im Weinbau keinesfalls erforderlich, in der Praxis aber häufig zu beobachten ist, so erhöht sich der Leistungsbedarf am Hang auf nahezu 40 kW, womit ältere kleinere Schlepper bereits eindeutig überfordert sind. Da heute in der Regel jedoch Schlepper mit üppig bemessenem Leistungsangebot zur Verfügung stehen, scheint der Leistungsbedarf vordergründig keine große Rolle zu spielen. Unter dem Aspekt der Energieeinsparung und der Umweltschonung sollten zeitgemäße Produktionsmethoden jedoch bereits hier ansetzen. Da eine überhöhte Luftleistung, selbst beim Befahren jeder zweiten Gasse, in der Regel keine Steigerung der Applikationsqualität bewirkt, genügt es in jedem Falle, die genannten Gerätetypen im Weinbau mit der niedrigen Schaltstufe zu betreiben. Schon bei der Geräteauswahl sollte dieser Aspekt in die Überlegungen mit einbezogen werden.

4.2 Luftverteilung

Die Vertikalverteilung und die vertikale Ausrichtung des Gebläseluftstromes bilden die entscheidenden Grundkriterien zur Bewertung eines Gebläsetyps hinsichtlich der erzielbaren Applikationsqualität. Die grundsätzlichen Anforderungen zeitgemäßer Spaliererziehungssysteme zielen dabei auf eine möglichst horizontale Strömung ab, die nur im Bereich der Traubenzone leicht nach oben und im Bereich der oberen Laubwandgrenze eher leicht nach unten ausgerichtet sein soll. Dabei soll die Intensität des Luftstromes entsprechend der Blattmassenverteilung zur Gipfelzone hin abnehmen.

Wie die oben in Graphik 2 bis 8 dargestellten Ergebnisse zeigen, bestehen zwischen den Gebläsebauarten und Typen erhebliche Unterschiede in der Luftstromgeometrie. Ein grundsätzliches Problem bei Axialgebläsen stellt die Luftsymmetrie beider Gebläseseiten dar. Beim sogenannten „runden“ Axialgebläse der 1. Generation (z. B. TU50) tritt dieses Problem besonders deutlich zu Tage. Während auf der linken Gebläseseite die Luftgeschwindigkeit nach oben hin kontinuierlich abnimmt, zeigen sich auf der rechten Seite zwei stark ausgeprägte Maxima in etwa 0,5 und 1,7 m Höhe. Im Gegensatz dazu ist bei der Verteilung der Luftmenge die linke Seite im Nachteil. Während rechts die Luftmenge annähernd gleichmäßig über die gesamte Laubwandhöhe ver-

teilt wird, liegt links das Minimum im mittleren Laubwandbereich, wo aufgrund der Blattmassenkonzentration jedoch mehr Luft benötigt würde. Auch die zur Gipfelzone hin immer steiler werdende Strömungsrichtung erscheint hinsichtlich der damit verbundenen Abtriftgefahr aus heutiger Sicht kaum mehr akzeptabel.

Schon wesentlich günstiger präsentiert sich das Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitsystem (z. B. ZA24). Zwar verlaufen die Kurven der Luftgeschwindigkeit auch bei diesem Typ auf beiden Seiten sehr unruhig, in der Tendenz entsprechen sie jedoch wesentlich besser den Anforderungen des Zielobjektes. Auch die Vertikalverteilung der Luftmenge ist, besonders auf der linken Seite wesentlich günstiger als beim „runden“ Axialgebläse. Während auf Grund des wesentlich höher angeordneten Läufers auf der linken Seite eine nahezu ideale Luftaustrittsrichtung erreicht wird, weist die rechte Gebläseseite immer noch eine zu steil nach oben gerichtete Strömungskomponente im oberen Laubwandbereich auf. Ungeachtet dessen entspricht dieser Gebläsetyp in strömungstechnischer Hinsicht jedoch schon wesentlich eher als die Axialgebläse der 1. Generation den heutigen Vorstellungen.

Bauartbedingt erübrigt sich beim Doppelaxialgebläse, wie bei allen weiteren Gebläsevarianten, eine Differenzierung zwischen linker und rechter Gebläseseite. Beim Typ K600 verläuft die Luftgeschwindigkeitskurve sehr viel ruhiger, als bei den vorher erwähnten Axialgebläsen. Obwohl die relativ gleichmäßige Verteilung von Luftgeschwindigkeit und Luftmenge über die Laubwandhöhe eher positiv zu beurteilen ist, wurde bei diesem Gebläsetyp eine Überarbeitung des Luftleitsystems angeregt, die hauptsächlich zu einer Korrektur der zu steilen Strömungskomponenten im oberen Laubwandbereich und damit zur Verminderung der Abtriftdisposition beitragen soll.

Die nahezu ideale Vertikalverteilung des Luftstromes beim Tangentialgebläse qualifiziert diese Gebläsebauart schon seit ihrer Einführung als Maßstäbe setzend. Als Wermutstropfen fällt bei der bisherigen Version jedoch der unruhige Verlauf der Luftgeschwindigkeitskurve auf, der den im Luftstrom befindlichen Düsen zuzuschreiben ist. Bei der überarbeiteten Version dieses Gebläsetyps, bei der die Düsenstationen außerhalb der Luftaustrittsöffnung platziert wurden, konnte ihr störender Einfluss auf die Gleich-

mäßigkeit des Luftstromes deutlich reduziert werden. Die beiden noch verbliebenen Piks rühren von zwei Quertraversen des Schutzgitters her und können ebenfalls beseitigt werden. Lediglich die kleine Anomalie in mittlerer Höhe der Laubwand, die vom mittleren Wellenlager des Gebläses verursacht wird, ist konstruktionsbedingt unvermeidbar. Für die Qualität der Wirkstoffverteilung dürfte sie jedoch kaum eine Rolle spielen. Die über die gesamte Laubwandhöhe horizontal ausgerichtete Strömung ermöglicht eine exakte Begrenzung des Sprühstrahles auf die Laubwandhöhe und stellt die entscheidende Voraussetzung zur Minimierung der Abtriftdisposition dar.

Da sich das Radialgebläse mit Trommel-läufer (OVS25) noch im Entwicklungsstadium befindet, ist hier eine endgültige Bewertung der Luftstromgeometrie noch nicht möglich. Das oben dargestellte Strömungsprofil wurde zwar an einem bereits überarbeiteten Gerät ermittelt und zeigt deutliche Fortschritte gegenüber einer Vorläuferversion. Eine erneute Überarbeitung, von der man sich eine weitere Verbesserung des Strömungsverhalten verspricht, wurde bereits in die Wege geleitet. Prinzipiell werden diesem Gebläsekonzept gute Chancen eingeräumt.

Einen durchschlagenden Erfolg auf dem Radialgebläsesektor stellt die Neuentwicklung vom Typ 460T6 dar. Die fächerförmig aus drei Öffnungen austretende Luft verteilt sich bei entsprechender Ausrichtung infolge der Überlappung optimal über die Laubwandhöhe. Indem der untere Fächer nach oben und der obere leicht nach unten ausgerichtet wird, läßt sich auch hinsichtlich der Strömungsrichtung eine optimale Einstellung erzielen. Damit ist dieses Gebläsekonzept hinsichtlich der Luftstromgeometrie sogar dem Tangentialgebläse überlegen.

4.3 Vertikalverteilung

Die vertikale Wirkstoffverteilung (Graphik 9 bis 14) hängt einerseits vom Luftstromprofil und andererseits von der Konfektionierung des Düsenverbandes ab. Da hier zunächst der Einfluss der Luftstromgeometrie herausgestellt werden sollte, wurde bei sämtlichen Gebläsetypen die Vertikalverteilung mit einheitlichen Düsenkalibern an allen Düsenstationen, jedoch mit optimal angepasster Düsenausrichtung gemessen. Beim „runden“

Axialgebläse fällt das schon beim Luftstromprofil beobachtete Symmetrieproblem sofort ins Auge. Ein entscheidender Nachteil besteht zudem darin, dass trotz entsprechender Einstellung der Luftleitbleche der Austrag von Sprühteilchen über die obere Laubwandgrenze hinaus nicht verhindert werden kann. Selbst in einer Höhe von 2,50 m ist die Belagsbildung noch lange nicht abgeschlossen. Darin dürfte der Hauptgrund für die hohe Abtriftdisposition bei Axialgebläsen der 1. Generation liegen. Positiv zu bewerten ist, dass schon bei gleicher Düsenbestückung eine Konzentration der Wirkstoffverteilung in der Traubenzone stattfindet.

Deutlich besser schneidet das Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitsystem ab. Bei wesentlich besserem Symmetrieverhalten wird auch hier eine Konzentration der Wirkstoffanlagerung auf den unteren und mittleren Laubwandbereich erzielt. In den Bereich oberhalb der Gipfelzone gelangen weitaus weniger Sprühteilchen, als beim „runden“ Axialgebläse. In einer Höhe von 2,50 m ist der Wirkstoffaustrag praktisch abgeschlossen. Damit entspricht diese Gebläsebauart weitaus besser den Anforderungen zeitgemäßer Applikationsverfahren.

Auch beim Doppelaxialgebläse ist die Wirkstoffkonzentration auf den unteren und mittleren Höhenbereich noch zu erkennen. Die Anforderungen an die Symmetrie werden von dieser Gebläsebauart ohne weiteres erfüllt. Ein schwerwiegendes Problem stellt jedoch auch bei diesem Typ der Wirkstoffaustrag oberhalb der Gipfelzone dar. Um diesen Gebläsetyp „zukunftsstauglich“ zu machen, wurde eine Überarbeitung des Luftleitsystems im oberen Bereich veranlasst.

Beim Tangentialgebläse sieht die offizielle Einstellanleitung im Gegensatz zu Axialgebläsen die Verwendung größerer Düsenkaliber im Bereich der Traubenzone vor. Obwohl diese nicht befolgt und das Gerät an allen Stationen mit Düsen der gleichen Größe bestückt war, ist auch hier eine Wirkstoffkonzentration im mittleren Laubwandbereich deutlich zu erkennen. Erwartungsgemäß präsentiert sich dieses Gebläse auch sehr positiv hinsichtlich der Begrenzung des Sprühstrahles im Bereich der Gipfelzone, was bereits auf die unten noch angesprochene Bedeutung des Tangentialgebläses im Zusammenhang mit abtriftmindernden Verfahren hindeutet. Auch auf die Möglichkeit einer Optimierung der Vertikalverteilung durch entsprechende Konfektionierung des

Düsenverbandes wird unten noch ausführlicher eingegangen, da gerade das Tangentialgebläse für diese Maßnahme besonders prädestiniert ist.

Die Verteilung beim Radialgebläse mit Trommelläufer präsentierte sich schon vor der ersten Überarbeitung dieses Typs günstiger, als vom Luftstromprofil her zu erwarten war. Bei der endgültigen Version dürfte die Verteilung deshalb kein Thema mehr sein. Eine nahezu ideale Verteilung wurde auf Antrieb mit dem neuen Radialgebläse mit verstellbaren fächerförmigen Luftaustrittsöffnungen erzielt. Ist in Graphik 14 der Wirkstoff extrem stark auf die Traubenzone konzentriert, so soll damit zum Ausdruck gebracht werden, dass durch Überlappung der Fächer in Verbindung mit einer optimalen Konfektionierung des Düsenverbandes nahezu alle gewünschten Verteilungsmuster realisierbar sind und der Sprühstrahl sehr exakt auf die Zielfläche begrenzt werden kann.

4.4 Penetrationsverhalten

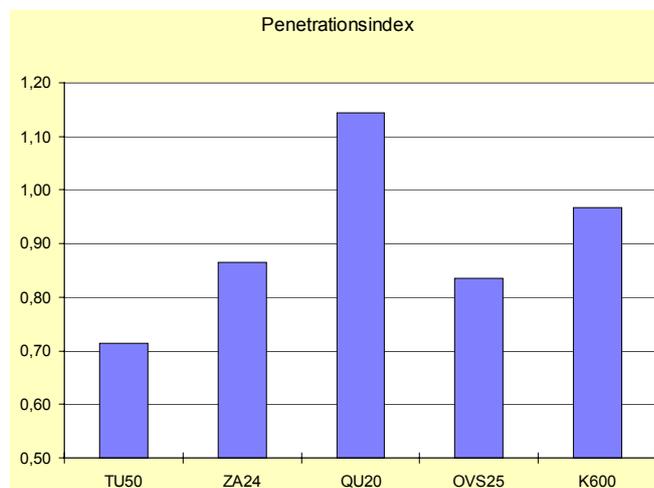
Um die umfangreichen und sehr differenziert erscheinenden Ergebnisse der Penetrationmessungen auf einen Blick überschaubar zu machen, wurde auf der Basis der relativen Belagsmassen der Penetrationstiefen (Ebene 1 bis Ebene 4) ein Index gebildet, wobei die Belagsmassen je nach Eindringtiefe unterschiedlich gewichtet wurden. Dabei wurde die äußerste, für Sprühteilchen am leichtesten erreichbare Messebene (E1) mit dem Faktor 0,5, die nächsttiefere (E2) mit dem Faktor 1, die nächsttiefere (E3) mit dem Faktor 2 und die am schwierigsten zugängliche Messebene (E4) mit dem Faktor 4 gewichtet. In Graphik 26 sind die Penetrationsindices der Gebläsevarianten einander gegenübergestellt.

Grundsätzlich deutet sich die Tendenz an, dass der Penetrationsindex mit zunehmender Luftleistung (Gebläseleistungszahl) ansteigt. Die Ausnahme bildet dabei das Tangentialgebläse QU20, das mit der niedrigsten Gebläselei-

tungszahl den höchsten Penetrationsindex erzielt. Eine plausible Erklärung dafür besteht in der Tatsache, dass bei allen Gebläsen der Sprühstrahl im rechten Winkel und nur beim Tangentialgebläse in einem schrägen Winkel zur Fahrtrichtung austritt und auf das Zielobjekt auftrifft. Bereits von Göhlich und Mitarbeitern wurde dieser Zusammenhang vor Jahren festgestellt und als Empfehlung für die Gebläseentwicklung bzw. Geräteeinstellung ausgesprochen. Mit den Ergebnissen wurde eine alte Erkenntnis also einmal mehr bestätigt. In jedem Falle stellt ein schräg nicht hinten gerichteter Sprühstrahl die sinnvollere und zeitgemäßere Alternative zur Verbesserung des Penetrationsverhaltens dar als die Erhöhung der Luftleistung, zumal dabei ein höherer Energiebedarf benötigt und die Umweltbelastung durch Abtrieb erhöht wird. In Anbetracht dessen ist auch zu begrüßen, dass ein führender Gerätehersteller in nächster Zeit beabsichtigt, ein Axialgebläse mit geschlossenem Luftleitungssystem und schräg nach hinten gerichtetem Luftstrom auf den Markt zu bringen.

4.5 Bodenverluste und Abtrieb

Wie bereits angedeutet, stehen Bodenverluste und Abtrieb in engem Zusammenhang mit der Möglichkeit zur exakten Abgrenzung des Sprühstrahls am oberen und unteren Laubwandende. Damit spielt die Luftstromgeometrie auch in dieser Hinsicht eine entscheidende Rolle. Bei der Bodenkontamination innerhalb der Behandlungsfläche (Graphik 22) treten wiederum die Schwächen der 1. Gerätegeneration deutlich zu Tage. Beim



Graphik 26: Penetrationsverhalten anhand von Penetrationsindices

Axialgebläse zeigt sich, dass mit einem geschlossenen Luftleitsystem die Bodenbelastung spürbar reduziert werden kann. Die vergleichsweise hohen Bodenverluste beim Tangentialgebläse resultieren aus der Tatsache, dass bei der bisherigen Gebläseversion mit fixen Düsenstationen die unterste Düse zu nah am unteren Gebläseende positioniert war, so dass besonders bei grobtropfiger Applikation Tropfen schon vor Erreichen der Zielfläche aus dem Trägerluftstrom ausfielen und am Boden sedimentierten. Bei der überarbeiteten Version mit beweglichen Düsenstationen kann diesem Problem durch Veränderung der Düsenposition begegnet werden. Grundsätzlich gilt für alle Gebläsetypen, dass sich durch optimale Konfektionierung des Düsenverbandes sowohl die Bodenbelastung innerhalb der Behandlungsfläche als auch die Abtrift von der Behandlungsfläche weiter reduzieren lässt.

Mit dem in Graphik 23 als Dispositionsgröße der Abtrift dargestellten Wirkstoffausstrag konnten die untersuchten Gebläsevarianten nur einem groben Vergleich unterzogen werden. Deshalb werden nachfolgend für einige Gebläsetypen die Abtriftergebnisse, die parallel zu diesem Vorhaben zur Qualifizierung der Geräte als abtriftmindernde Verfahren unter realistischen Bedingungen im Weinberg gemessen wurden, dargestellt. Dabei handelt es sich um das Axialgebläse ZA24, das Tangentialgebläse QU14 und das Radialgebläse 460T6, die sich in Verbindung mit dem Einsatz von Injektordü-

sen und einer modifizierten Behandlungsweise des Randbereiches bereits als abtriftmindernde Verfahren qualifizieren konnten. In Graphik 27 bis 29 sind die Messwerte der sedimentativen Abtrift über der Entfernung zum Parzellenrand den Abtrifteckwerten (Standarddeckwerte und Eckwerte für 50, 75 und 90 % Abtriftminderung) gegenüber gestellt. Wird eine Eckwertekurve an keiner Entfernungsposition von den Messwerten übertroffen, so kann das Verfahren in die entsprechende Abtriftminderungsklasse eingestuft werden.

Graphik 27 zeigt das Abtriftverhalten des Axialgebläses mit geschlossenem Luftleitsystem. Mit Injektordüsen vom Typ Turbodrop TDJ ausgestattet, wurde dieses Gerät in Verbindung mit einer einseitigen Behandlung von einer und zwei Randzeilen (die Zeilen wurden nur von außen in die Anlage hinein besprüht) getestet. Wurde nur eine Randzeile einseitig behandelt, wurden alle Eckwerte der 50%-Kurve unterschritten. Da der 50-m-Eckwerte der 75%-Kurve jedoch geringfügig überschritten wurde, wurde diese Variante nur in die 50%-Abtriftminderungsklasse eingestuft. Auf Grund von Windkanalversuchen durch die BBA konnte inzwischen jedoch eine Einstufung in die 75%-Abtriftminderungsklasse, für die bisher die einseitige Behandlung zweier Randzeilen Voraussetzung war, vorgenommen werden.

Beim Tangentialgebläse QU14 (Graphik 28) wurden bei einseitiger Behandlung einer Randzeile mit allen drei Injektordüsentypen

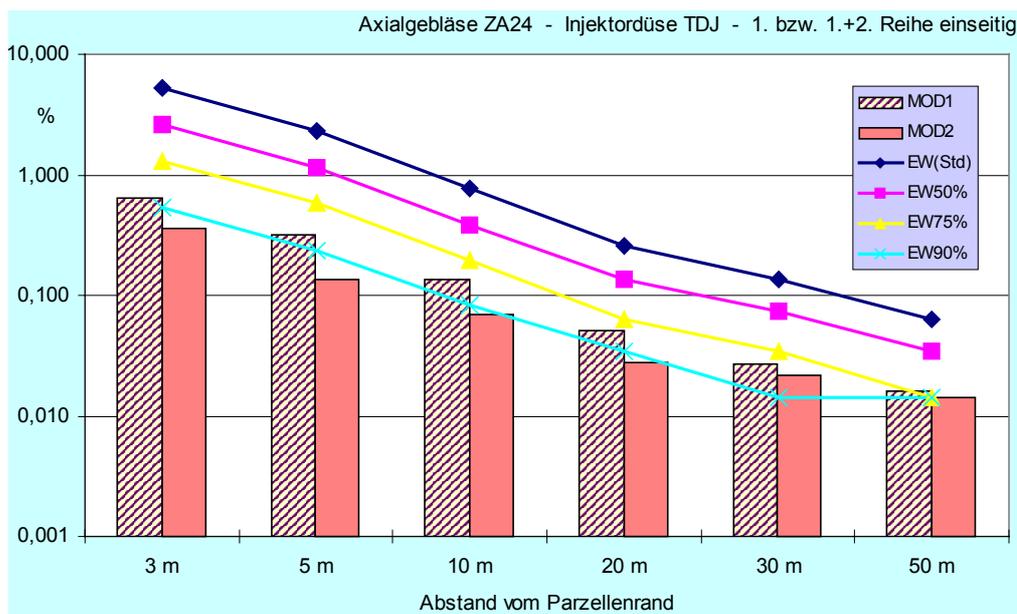
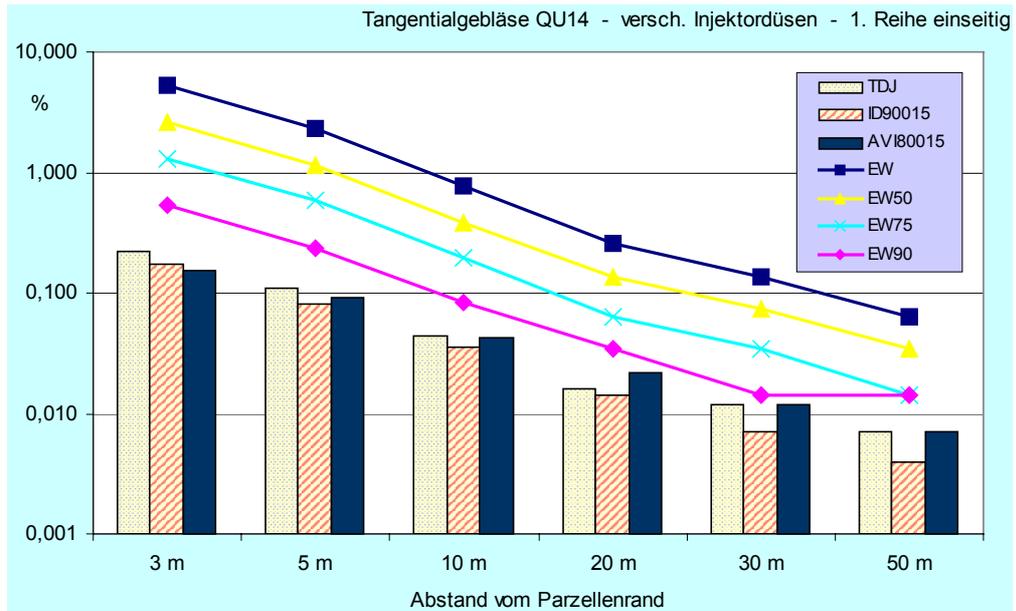


Abb. 27: Direkte Abtrift – Axialgebläse ZA24



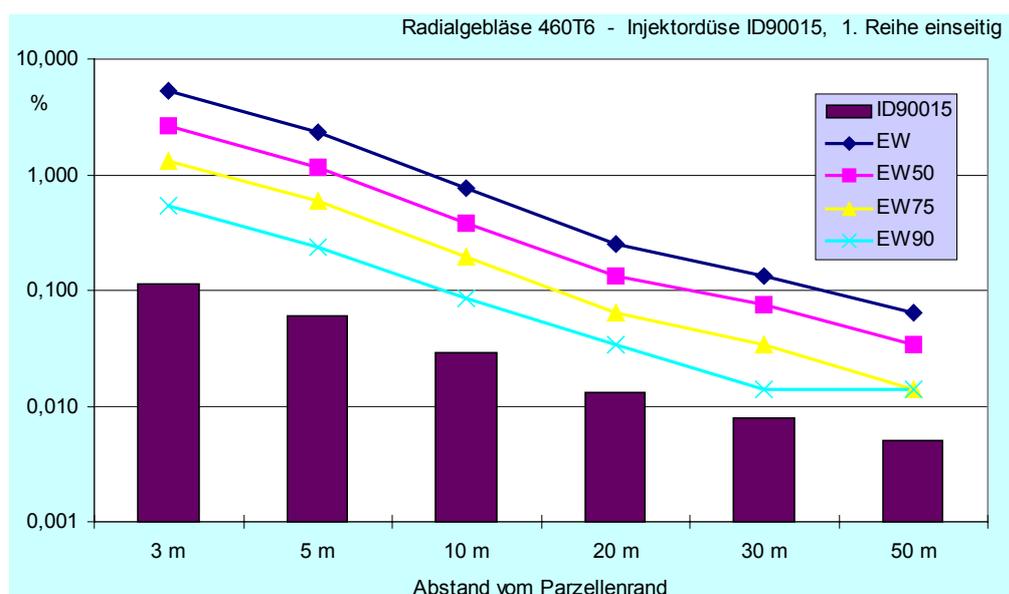
Graphik 28: Direkte Abtrift – Tangentialgebläse QU14

Ergebnisse erzielt, die eine Einstufung in die 90%-Abtriftminderungskategorie ermöglichen. Diese konnte bei allen Düsentypen für die Kaliber ...02 und ...03 erwirkt werden. Beim Typ AVI80015 und dem entsprechenden Hohlkegeltyp TDJ wurde auf Grund des höheren Feintropfenanteils und der Ergebnisse von Windkanaluntersuchungen jedoch nur eine Einstufung in die 75%-Abtriftminderungskategorie vorgenommen. Eine Einstufung in die 90%-Abtriftminderungskategorie könnte unter Umständen dann erfolgen, wenn 2 Randzeilen einseitig behandelt werden.

Das Randgebläse 460T6 (Graphik 29) konnte sich bei einseitiger Behandlung einer Rebzeile mit der ID90015 als 90%-abtriftmindernd qualifizieren. Die Eintragung in die Liste „abtriftmindernde Verfahren“ ist inzwischen erfolgt.

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die grundsätzlichen Anforderungen an die Gebläsetechnik erstrecken sich auf die Luftstromsymmetrie, die Vertikalverteilung und das Penetrationsverhalten. Darüber hinaus



Graphik 29: Direkte Abtrift – Radialgebläse 460T6

muss der Sprühstrahl möglichst horizontal ausgerichtet und exakt auf die Laubwandhöhe begrenzt sein, um den Wirkstoffaustrag über der Gipfelzone auf ein Minimum zu begrenzen. Während die Luftstromsymmetrie unter praktischen Gesichtspunkten eine eher untergeordnete Rolle spielt, wirken sich die Vertikalverteilung und das Penetrationsverhalten direkt auf die Applikationsqualität und den Behandlungserfolg aus. Die Möglichkeit zur gezielten Ausrichtung des Luftstromes ist Grundvoraussetzung für minimale Wirkstoffverluste und für die für zeitgemäße Produktionsmethoden in Zukunft sicherlich obligatorische Einstufung als abtriftminderndes Verfahren.

Unter diesem Aspekt ist eine kategorische Bewertung der drei Geräte-Grundbauarten Axialgebläse, Radialgebläse und Tangentialgebläse nicht möglich, vielmehr ist unabhängig von der Gebläsebauart eine typenspezifische Beurteilung erforderlich. Während das Tangentialgebläse schon generell den an zeitgemäße Applikationsverfahren gestellten Anforderungen entspricht, gibt es sowohl bei den Axialgebläsen als auch bei den Radialgebläsen neben den veralteten, aus heutiger Sicht nicht mehr empfehlenswerten Typen auch solche, die den Anforderungen des modernen Weinbaues in jeder Hinsicht gerecht werden. Bei den Axialgebläsen stellen das geschlossene Luftleitsystem, eine möglichst hohe Läuferposition und außenliegende Düsenstationen die entscheidenden Qualitätsmerkmale dar. Zeitgemäße Radialgebläse für den Weinbau verfügen über eine ausreichende Anzahl, vorzugsweise fächerförmiger Luftaustrittsöffnungen, deren Position im Bereich der Gipfelzone einen horizontalen oder leicht nach unten gerichteten Sprühstrahl und im Bereich der Traubenzone eine Überlappung ermöglicht. Auf diese Weise können Applikationsqualitäten erzielt werden, die durchaus mit denen des Tangentialgebläses vergleichbar sind. Weitere Neuentwicklungen, wie das Radialgebläse mit Trommelläufer oder das Doppelaxialgebläse befinden sich noch im Erprobungsstadium. Hinsichtlich künftiger Anforderungen an die Gebläsetechnik präsentieren sich auch diese technischen Lösungen recht erfolgversprechend.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung auf dem Gebläsesektor deutet eine wichtige Erkenntnis aus den Untersuchungen am Rande darauf hin, dass neben der Gebläseauswahl, eine an den Gebläsetyp angepasste

Düsenbestückung einen wesentlichen Einfluss auf die Applikationsqualität haben kann. Die mit dem Begriff „optimale Konfektionierung des Düsenverbandes“ zu umschreibenden Maßnahmen beinhalten einerseits eine der Luftstromcharakteristik und der Zielflächengeometrie angepasste Positionierung und Ausrichtung der Düsen und andererseits eine gebläsetypenspezifisch differenzierte Kalibrierung der einzelnen Düsenstationen. Im Zusammenhang mit der Entwicklung eines verfeinerten Dosiermodells für den Weinbau werden diesbezügliche Fragen weiter untersucht. Einen weiteren Ansatzpunkt in der gebläsetechnischen Entwicklung bietet schließlich die elektronische Optimierung des Luftstromes (EOL-Technologie). Dabei wird der Gebläseluftstrom mit Hilfe entsprechender Sensoren mit elektronischer Unterstützung den jeweiligen Applikationsbedingungen kontinuierlich angepasst. Während die Untersuchungen zur optimalen Konfektionierung des Düsenverbandes inzwischen bereits auf sehr realistischer Grundlage betrieben werden, trägt die EOL-Technologie im Moment noch eher visionäre Züge. Aufgrund erster Erfahrungen aus dem Obstbau sollen in Kürze jedoch auch Untersuchungen im Weinbau aufgenommen werden.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen eines zweijährigen Vorhabens wurden Untersuchungen zur Bewertung der aktuellen Gebläsetechnik im Weinbau durchgeführt. Dabei wurden neben dem Leistungsbedarf auf dem Prüfstand die Luftstromprofile aufgezeichnet. Beim Befahren einer Messbahn wurden das Penetrationsverhalten, die Vertikalverteilung und die Wirkstoffverluste durch Abtrift und Bodensedimentation untersucht.

Obwohl das Tangentialgebläse unter den bereits eingeführten Bauarten seine Führungsposition behaupten konnte, wurde diese Gebläsebauart aufgrund strömungstechnischer und praktischer Überlegungen während des Bearbeitungszeitraumes in Zusammenarbeit mit dem Hersteller einer eingehenden Überarbeitung unterzogen. Damit konnte die Applikationsqualität weiter verbessert und die konstruktiven Voraussetzungen für eine elektronische Luftstromregelung geschaffen werden.

Als herausragende Neuentwicklung konnte sich ein Radialgebläse anhand der Messergebnisse qualifizieren. Die besondere Luftstromgeometrie dieses Gebläsetyps ermöglicht im Bereich der Traubenzone eine Konzentration und im Bereich der Gipfelzone eine mit dem Tangentialgebläse vergleichbare Begrenzung des Sprühstrahles.

Neben der reinen Typenbewertung trat im Verlauf der Untersuchungen ein weiterer

Aspekt in den Vordergrund, der sich mit dem Begriff „optimale Konfektionierung des Düsenverbandes“ umschreiben lässt. Ersten Ergebnissen zufolge bietet diese Maßnahme ein vielversprechendes Instrument zur weiteren Steigerung der Applikationsqualität. Vonseiten der Gerätetechnik könnte damit ein Bogen zu den häufig diskutierten, zeitgemäßerem Dosiermodellen gespannt werden.

Anmerkung

Bei den Gebläsetypen OVS25 und K600 wurden nach Drucklegung weitere konstruktive Verbesserungen vorgenommen, die im vorliegenden Bericht nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Die aktuellen Ergebnisse zur endgültigen Bewertung dieser Typen werden der Praxis jedoch zu gegebener Zeit über die Fachpresse zugänglich gemacht. Gleiches gilt für Ergebnisse zur Bewertung weiterer Gebläsetypen, die sich neu am Markt etablieren.

Hinweis

Aus drucktechnischen Gründen wurde auf die Wiedergabe der umfangreichen Messprotokolle verzichtet. Diese können auf Wunsch beim Autor abgerufen werden.

Hersteller und Vertreiber BBA-anerkannter Pflanzenschutztechnik für den Weinbau

Geräte und Sprühgebläse:	Gebr. Holder GmbH	07123-9660
	Maschinenfabrik	
	Postfach 1555	
	72545 Metzingen	
	Dipl.-Ing. Berthold Weber	07773-5659
	Mechanische Werkstätte	
Im Weiler 8		
78351 Bodman		
Hans Wanner	07522-21054	
Maschinenbau		
Simoniusstraße 20		
88239 Wangen/Allg.		
Jacoby	06508-91490	
Pflanzenschutztechnik		
54523 Hetzerath		
VICAR – Peter Sexauer	07662-233	
Landtechnik-Import		
Gartenstraße 10		
79235 Bischoffingen		
LIPPCO	07841-209440	
Land- und Kommunaltechnik		
Sasbachrieder Straße 2		
77880 Sasbach		
Düsen und Zubehör:	agrotp GmbH	09453-99380
	Gebelkofen	
Köferinger Straße 5		
93083 Obertraubling		
Lechler GmbH + Co	07123-9620	
Postfach 1323		
72544 Metzingen		

KTBL-Veröffentlichungen zum Thema Weinbau

Stand vom 30.08.2002

Bestell-Nr.

KTBL-Schriften

<i>Müller, D.H.:</i> Abwassertechnik im Weinbau. 1995, 145 S., 17 €	11368
<i>Kauer, R.; Kiefer, W.:</i> Umweltschonender und ökologischer Weinbau. 1995, 99 S., 14 €	11367
<i>Dietrich, J.:</i> Mechanisierung und Produktionsplanung im Steillagenweinbau. 1995, 176 S., 17 €	11366
Mechanisierung der Stockarbeiten. Internationales ATW-Symposium 1995, 133 S., 14 €	11364

KTBL-Arbeitspapiere

Gesunder Boden durch Begrünung. Internationales ATW-Symposium 1998, 128 S., 16 €	18256
--	-------

KTBL-Sonderveröffentlichungen

50 Jahre Ausschuss für Technik im Weinbau – Jubiläumsband 2002, 62 S., 10 €	40J50
Pflanzenschutz im Wein- und Obstbau. Internationales ATW-Symposium 2001, 195 S., 19 €	41006
34. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 2002 in Geisenheim. 30 S., 5 €	4034BT
33. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 2000 in Bad Kreuznach. 30 S., 5 €	4033BT
32. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 1999 in Geisenheim. 28 S., 5 €	4032BT
31. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 1997 in Geisenheim. 22 S., 5 €	4031BT
30. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 1996 in Bad Münster am Stein. 39 S., 5 €	4030BT
ATV-Merkblatt M773: Abwässer aus der Weinbereitung. 1999, 25 S., 22 €	40M773

KTBL-Kalkulationsunterlagen

Datensammlung Weinbau und Kellerwirtschaft. 2001, 11. Auflage, 87 S., 16 €	19465
Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft. 2001/2002, 17. Auflage, 300 S. + CD-ROM, 22 €	19466
Datensammlung Heil- und Gewürzpflanzen. 2001, 60 S., 16 €	19469
Datensammlung Direktvermarktung. 2000, 111 S., 18 €	19462
Datensammlung Obstbau. 2002, 3. Auflage, 139 S. + CD-ROM, 22 €	19468
Taschenbuch Gartenbau. 1999, 5. Auflage, 256 S., A6, 256 S., 17 €	19459
AVORWin – Kapazitätenplanung in der Außenwirtschaft. Version 2.0, 2002, CD-ROM, 30 €	43011
MAKOST – Maschinenkostenkalkulationsprogramm für Windows. Version 3.0, 2002, CD-ROM, 21 €	43003

KTBL-Arbeitsblätter Weinbau

<i>Schledt, C.; Achilles, A.:</i> Weinbau-Schmalspurtraktoren – Typentabelle 2001, 14 S., 3 €	42084
<i>Binder, G.:</i> Rotweinbereitung durch Maischeerhitzung. 2000, 8 S., 3 €	42083
<i>Maul, D.:</i> Bodenbearbeitung im Direktzug-Weinbau. 2000, 6 S., 3 €	42082
<i>Uhl, W.; Rebholz, F.:</i> Ausbringtechnik für mineralische und organische Düngemittel. 2000, 6 S., 3 €	42081
<i>Walz, O.:</i> Materialien für die Unterstützungsvorrichtung im Weinbau. 2000, 10 S., 3 €	42080
<i>Maul, D.:</i> Bindematerialien und Bindegeräte zum Biegen oder Gerten. 1999, 6 S., 3 €	42079
<i>Maul, D.:</i> Mechanisierung der Rebschneidearbeiten. 1999, 4 S., 3 €	42078
<i>Achilles, A.; Schledt, C.:</i> Traubenvollernter – Typentabelle 1998. 6 S., 3 €	42077

	Bestell-Nr.
Bäcker, G.; Struck, W.: Sprühgebläse der neuen Generation. 2002, 36 S., 8 €	41122
Prior, B.: Schutzhüllen für Jungreben. 2002, 65 S., 9 €	41120
Jung, R.; Seckler, J.; Zürn, F.: Beeinflussung des Verschleißdrucks. 2001, 28 S., 7 €	41119
Müller, D.H. et al.: Direktkühlung bei der Weinproduktion. 2002, 74 S., 10 €	41118
Rühling, W.: Seilgezogene Mechanisierungssysteme. 2002, 24 S., 7 €	41117
Uhl, W.: Minimierung des Herbizidaufwandes. 2001, 46 S., 9 €	41115
Walg, O.: Mechanisierung des Rebschnitts. 2002 (im Druck)	41114
Binder, G.: Rotweinbereitung in Erzeugerbetrieben. 2000, 118 S., 9 €	41113
Kohl, E.; Walg, O.: AHL-Düngetechnik in begrünter Anlagen. 2002 (im Druck)	41112
Schwingenschlögl, P.: Schlagkarteien für den Weinbau. 2002, 30 S., 7 €	41111
Bäcker, G.: Mehrreihige Pflanzenschutzverfahren. 2000, 61 S., 9 €	41110
Schultz, H. R.: Minimalschnittsysteme. 2002, 71 S., 10 €	41109
Seckler, J. et al.: Transport und Förderung von Trauben und Maische. 2001, 55 S., 9 €	41108
Back, W.; Weiland, J.: Kooperationsformen im Weinbau. 1998, 52 S., 9 €	41107
Maul, D.; Rebholz, F.: Standardschlepper im Direktzug-Weinbau. 2000, 27 S., 7 €	41106
Rühling, W.: Maschinelle Entblätterung. 1999, 36 S., 9 €	41105
Uhl, W.: Befahrbarkeit begrünter Rebgassen. 1999, 23 S., 7 €	41104
Zürn, F.; Jung, R.: Alternative Verschlüsse für Weinflaschen. 2000, 33 S., 9 €	41103
Seckler, J.; Jung, R.; Freund, M.: Alternative Klärverfahren bei Most. 2000, 95 S., 9 €	41102
Fischer, U. et al.: Intensivierung des Weinaromas. 2001, 106 S., 11 €	41101
Köhler, H. J.: Überschichtung von Anbruchgebinden. 1999, 50 S., 9 €	41100
Wohlfarth, P.; Schorr, T.: Dauerbegrünung in Trockenjahren. 1999, 36 S., 9 €	41099
Fischer, U.: Gärunterbrechungen und Behebung von Gärstörungen. 2000, 92 S., 9 €	41097
Müller, D. H.; Platzer, B.; Frech, B.: Aktive Kühlung bei der Gärung. 1998, 105 S., 12 €	41096
Köhler, H. J.: Dampferzeugung. 1997, 40 S., 7 €	41094
Fehlow, C.; Jung, R.; Pfeifer, W.: Fassweinbereitung im Kleingebinde. 1997, 25 S., 7 €	41093
Uhl, W.: Lockerung begrünter Ertragsreblflächen. 1998, 37 S., 9 €	41092
Rühling, W.: Maschinelle Ausdünnung. 1999, 31 S., 7 €	41091
Rebholz, F.: Entsorgung verbrauchter Weinbergsanlagen. 1997, 52 S., 9 €	41090
Degünther, B.: Selbstklebeetiketten. 1997, 55 S., 9 €	41089
Seckler, J.: Ganztraubenpressung. 1997, 70 S., 9 €	41088
Weik, B.: Traditionelle Sektbereitung in Winzerbetrieben. 1996, 96 S., 12 €	41087
Bäcker, G.: Einfluss der Erziehungssysteme auf die Applikationsqualität. 1998, 48 S., 9 €	41086
Maul, D.: Mechanisierung der Laubarbeiten. 1997, 60 S., 9 €	41085
Fox, R.; Rupp, D.; Walg, O.: Umweltschonende Bodenvorbereitung zur Wiederanpflanzung. 1998, 36 S., 9 €	41083
Simonis, A.; Kohl, E.: Ausgewählte Extensivierungsmöglichkeiten. 1998, 44 S., 9 €	41082
Maul, D.; Weik, B.: Arbeitssicherheit und Arbeitsplatzgestaltung. 2001, 77 S., 9 €	41081
Oberhofer, J.: Rentabilität des Ab-Hof-Verkaufs von Wein. 1997, 48 S., 9 €	41078
Steinberg, B.: Minimierung der Bodenpflege. 1997, 68 S., 9 €	41077
Jung, R.; Seckler, J.: Flaschensterilisation. 1997, 68 S., 9 €	41076
Zürn, F.; Jung, R.: Testmethoden zur Bestimmung der Korkqualität. 1996, 53 S., 9 €	41074

ATW-Berichte sind beim KTBL abrufbar.

Über das gesamte Veröffentlichungsprogramm können Sie sich im Veröffentlichungsverzeichnis informieren.

Es ist kostenlos erhältlich beim KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt

Tel.: 06151/7001-189, Fax: 7001-123

E-Mail: vertrieb@ktbl.de, <http://www.ktbl.de>