



Dr. Gerhard Bäcker
Dr. Heribert Koch
Dr. Rainer Keicher

Bewertung neuer Pflanzenschutzverfahren

ATW

KTBL
Kuratorium für Technik und
Bauwesen in der Landwirtschaft

ATW – Ausschuss für Technik im Weinbau

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

Untersuchungen zur Bewertung neuer Pflanzenschutzverfahren

Dr. Gerhard Bäcker
Dr. Heribert Koch
Dr. Rainer Keicher

Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben 153

Durchführung

Forschungsanstalt Geisenheim + Fachgebiet Technik
Von-Lade-Straße 1 + 65366 Geisenheim

DLR Rheinhessen-Nahe-Husrück + Abt. Phytomedizin und
Weinbau + Rüdesheimer Straße 60-68 + 55543 Bad
Kreuznach

Förderjahre: 2006 bis 2008

Förderländer: Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz

KTBL-Titel I/06

Eine ATW-Berater-Information

ATW-Vorstand

Vorsitzender

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

2. und Geschäftsführender Vorsitzender

Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz
Forschungsanstalt Geisenheim + Fachgebiet Technik
Brentanostraße 9 + D-65366 Geisenheim
Tel.: +49 (0) 6722/502-365 + Fax:+49 (0) 6722/502-360
eMail: hans-peter.schwarz@fa-gm.de

Dr. Jürgen Dietrich

Staatsweingut Meersburg + D-88701 Meersburg
Tel.: +49 (0) 7532/4467-10 + Fax: +49 (0) 7532/4467-17
eMail: jd@staatsweingut-meersburg.de

ATW-Beirat

Obmann

MinR Hermann Fischer
Minist. für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
PF 3269 + Bauhofstraße 4 + D-55116 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131/16-5252 + Fax:+49 (0) 6131/16-175252
eMail: hermann.fischer@mwwlw.rlp.de

Geschäftsführer

Christian Reinhold
KTBL + Bartningstraße 49 + D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-151 + Fax:+49 (0) 6151/7001-123
eMail: c.reinhold@ktbl.de

© 2009 by Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 + D-64289 Darmstadt,
Tel.: +49 (0) 6151/7001-0 + Fax:+49 (0) 6151/7001-123 + Internet: www.ktbl.de

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

Redaktion

Christian Reinhold + KTBL
Titelbild: Pflanzenschutztechnik im Versuchseinsatz
Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	- 3 -
Teil I.....	- 5 -
Gerätetechnik.....	- 5 -
1 Düsenteknik.....	- 6 -
1.1 Düsenaufbau und -funktion.....	- 6 -
1.2 Leistungsmerkmale und Düsenkennzeichnung.....	- 7 -
1.3 Düsenauswahl nach Tropfengröße.....	- 7 -
1.4 Düsenauswahl nach Sprühstrahlform.....	- 12 -
2 Gebläsetechnik und Gebläseauswahl.....	- 12 -
2.1 Axialgebläse	- 13 -
2.2.1 Zweifächrige Radialgebläse	- 16 -
2.2.2 Dreifächrige Radialgebläse	- 16 -
2.2.3 Radialgebläse mit Luftverteilungssystem.....	- 17 -
2.3 Tangentialgebläse.....	- 18 -
2.3.1 Standard-Tangentialgebläse.....	- 18 -
3 Luftstromgeometrie	- 20 -
3.1 Meßmethode.....	- 20 -
3.2 Ergebnisse.....	- 22 -
3.2.1 Verteilung der Luftgeschwindigkeitsklassen in der Messfläche	- 22 -
3.2.2 Luftstromprofile	- 25 -
3.2.3 Luftmengenverteilung	- 31 -
4 Vertikalverteilung.....	- 37 -
4.1 Meßmethode.....	- 37 -
4.2 Ergebnisse.....	- 40 -
4.2.1 Axialgebläse	- 40 -
4.2.2 Radialgebläse.....	- 44 -
4.2.3 Tangentialgebläse.....	- 46 -
5 Leistungsbedarf.....	- 48 -
5.1 Messmethode.....	- 48 -
5.2 Ergebnisse.....	- 49 -
6 Fazit.....	- 52 -

Teil II.....	- 55 -
Anlagerungsverhalten und Verteilung von Pflanzenschutzmitteln.....	- 55 -
1 Problemstellung	- 56 -
2 Methode der Belagsmessungen.....	- 56 -
3 Ergebnisse	- 59 -
3.2 Einfluss der Tropfengröße.....	- 59 -
3.3 Einfluss der Wasseraufwandmenge.....	- 61 -
4 Fazit.....	- 70 -

Einleitung

Vor dem Hintergrund ständig steigender Anforderungen an die Applikationsqualität wurde im Rahmen eines gemeinsamen ATW-Vorhabens der FA Geisenheim und des DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück ein Projekt bearbeitet, das sich mit den entscheidenden applikationstechnischen Kernfragen nachhaltiger Verfahrenstechniken bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln befasst. Die Schwerpunkte bildeten dabei die Bewertung und weitere Optimierung der aktuellen Gerätetechnik sowie die Untersuchung der Belagsqualität mit dem Ziel der Entwicklung zeitgemäßer Dosiervorgaben und der Erschließung weiterer Einsparungspotentiale für Pflanzenschutzmittel. Besondere Berücksichtigung fanden dabei auch die veränderten Zielobjekteigenschaften infolge besonderer moderner Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie zum Beispiel der partiellen Entblätterung der Traubenzone, wie sie heute in vielen Betrieben praktiziert wird.

Die Zielsetzung des Vorhabens ist also konsequent auf die nachhaltige Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel ausgerichtet und orientiert sich an den zunehmend höher gesetzten Hürden bei deren Zulassung. Da sich Nachhaltigkeit in erweitertem Sinne nicht nur auf applikationstechnisch relevanten Aspekte, wie Belagsqualität und Wirkung, Verlustminderung und Effizienz der eingesetzten Produkte erstreckt, fand bei der technischen Bewertung der einzelnen Gebläsebauarten auch der Leistungs- und Energiebedarf Berücksichtigung.

Mit dem Vorhaben wurde der Einstieg in eine sehr komplexe Thematik vollzogen, die im Interesse zukunftsfähiger Pflanzenschutzkonzepte mittelfristig eine Vertiefung bei der Bearbeitung von Teilfragen und damit weiteren Forschungsbedarf nach sich zieht. Mit der bereits erfolgten Aufnahme eines vom BMVEL finanzierten Folgeprojektes zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch sensorische Abtastung der Laubwand sowie mit der Vorbereitung weiterer Projekte tragen die Projektinhaber dieser Notwendigkeit Rechnung.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der gerätetechnischen Entwicklung im ersten Teil sowie über den vorläufigen Kenntnisstand zur Steigerung der Applikationsqualität und zur Erhöhung der Dosiergenauigkeit im zweiten Teil. Obwohl die dargestellten Ergebnisse im Rahmen mehrerer Diplomarbeiten sowie von unterschiedlich zusammengesetzten Arbeitsgruppen beider Projektpartner erarbeitet wurden, wird versucht, sie im Kontext und in möglichst einheitlicher Darstellungsform zu präsentieren.

Teil I

Gerätetechnik

Bearbeitung: Reinhold Müller
Hans Störtländer
Uwe Hirschmüller
Felix Eberhard
Alexander Wallhäuser
Eva Vollmer

1 Düsentchnik

Obwohl sich der technische Teil des Vorhabens in erster Linie mit der aktuellen Gebläsetechnik auseinandersetzt, erscheint es unerlässlich, einleitend auch kurz auf den aktuellen Stand der Zerstäubungstechnik einzugehen. Wenn gleich die Untersuchung und Bewertung von Zerstäubersystemen nicht essentieller Teil des Vorhabens war, wurde sowohl die aktuelle Düsentchnik als auch die künftige Entwicklung verfolgt und an Hand von anwendungstechnischen Aspekten und Tropfengrößenanalysen bewertet. Dabei standen einerseits die Anforderungen seitens der Luftstromgeometrie moderner Gebläsebauarten und andererseits die für zukunftsfähige Applikationsmethoden unabdingbare Notwendigkeit, Abtrift und Bodenverluste zu minimieren, im Vordergrund.

1.1 Düsenaufbau und -funktion

Die Aufgaben der Düsen beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln bestehen im Abbau des Überdruckes, in der Dosierung der Spritzflüssigkeit und in der Tropfenerzeugung. Druckabbau und Dosierung stehen in engem Zusammenhang und erfolgen in der Regel am Düsenmundstück. Bei speziellen Düsenbauarten, wie der Injektordüse, erfolgen Druckabbau und Dosierung an einem der Düsenöffnung (Düsenmundstück) vorgeschalteten Dosierplättchen. Der Volumenstrom (Düsenausstoß) hängt vom Überdruck (Düsenbetriebsdruck) und vom Querschnitt der Dosieröffnung ab. Verschiedene Düsengrößen (Düsenkaliber) innerhalb einer Typenreihe unterscheiden sich also ausschließlich im Querschnitt der Dosieröffnung.

Die Tropfenerzeugung erfolgt bei allen Düsenbauarten am Düsenmundstück. Hier entsteht ein fächer- oder hohlkegelförmiger Flüssigkeitsfilm, der sich in Strahlrichtung ausbreitet und dabei immer dünner wird. Ist der Punkt erreicht, an dem die inneren Anziehungskräfte der Flüssigkeit den Film nicht mehr zusammenhalten können, reißt er auf und zerfällt zu Fäden, die sich zu Einzeltropfen zerteilen. Die Größe der so entstandenen Tropfen hängt einerseits von der Flüssigkeitsmenge und damit vom Querschnitt der Austrittsöffnung und andererseits von der Austrittsgeschwindigkeit und damit vom Düsenbetriebsdruck ab.

Im Weinbau kommen je nach Form des Gebläseluftstromes Kegelstrahldüsen (Hohlkegeldüsen) oder Flachstrahldüsen zum Einsatz, wobei die Tendenz immer mehr zur Flachstrahldüse geht. Zur Erzeugung des hohlkegelförmigen Strahls einer Kegelstrahldüse ist der runden Austrittsöffnung ein Drallkörper vorgeschaltet, der den Flüssigkeitsstrom in eine Rotationsbewegung versetzt. Zur Erzeugung des fächerförmigen Strahls einer Flachstrahldüse werden keine weiteren Einbauten benötigt.

War der Düsenkörper früher meist aus Messing, so wird aus produktionstechnischen Gründen und aufgrund der günstigeren Gebrauchseigenschaften inzwischen ausschließlich Kunststoff verwendet. Die Düsenöffnung besteht je nach Einsatzgebiet aus Edelstahl, Kunststoff oder Keramik, wobei die unterschiedlichen Materialien unterschiedliche Zerstäubungs- und Verschleißigenschaften aufweisen. Im Weinbau, wo überwiegend Verschleiß fördernde Suspensionen ausgebracht werden, sind Keramikdüsen die Regel.

1.2 Leistungsmerkmale und Düsenkennzeichnung

Die entscheidenden Leistungsmerkmale einer Düse sind Düsengröße (Düsenkaliber), Spritzwinkel (Strahlwinkel des Hohlkegels bzw. des Fächers) und Tropfengröße (Tropfenspektrum). Als Maß für das Düsenkaliber ist die früher gebräuchliche Angabe des Querschnittes bzw. des Durchmessers der Austrittsöffnung ungeeignet. Da der Volumenstrom auch vom Material, der Form der Düsenöffnung und deren Kantenbeschaffenheit abhängt, ist das Düsenkaliber nur mit der Querschnittsangabe allein nicht eindeutig beschrieben. Neben den noch immer verbreiteten herstellerspezifischen Bezeichnungen, meist in Verbindung mit dem so genannten Euro-Farbcode, setzt sich insbesondere bei Flachstrahldüsen die international standardisierte Bezeichnungsweise immer mehr durch, wobei jedem Düsenkaliber ein Farbcode nach ISO-Norm zugeordnet ist. Rückschlüsse auf die Tropfengröße lässt diese Kennzeichnung allerdings nicht zu.

Kennzeichnungsbeispiel nach ISO

AVI8002 Farbe nach ISO-Norm: gelb

Erläuterung:

AVI ist die Typenbezeichnung.

80 steht für einen Spritzwinkel von 80 Grad

015 kennzeichnet das Düsenkaliber (eine vom US-Maßsystem abgeleitete Kenngröße des Volumenstroms)

1.3 Düsenauswahl nach Tropfengröße

Bei der Minimierung des Abtriftpotentials spielt die Tropfengröße die entscheidende Rolle. Deshalb gilt im modernen Weinbau uneingeschränkt die Empfehlung, künftig nur noch grob tropfige Zerstäubersysteme einzusetzen. Vor allem der pneumatischen Zerstäubung, von der zu befürchten ist, dass sie mit dem Wegfall der Erklärungs-pflicht durch den Import ausländischer Geräte wieder Aufwind bekommt, ist eine klare Absage zu erteilen.

Unter den Abtrift mindernden Zerstäubersystemen haben sich vor allem Injektordüsen bewährt (Abb. 1 und 2). Mit ihrer rasanten Verbreitung in Flächenkulturen erfährt auch der Pflanzenschutz im Weinbau eine immer stärkere Zuwendung zu grob tropfigeren Zerstäubersystemen. Den Auslöser für diesen Wandel bildete die schon Anfang der 90er Jahre durch die Firma Agrotop eingeleitete Entwicklung der Injektordüse und die schon bald gewonnene Erkenntnis, dass damit das Abtriftpotential in entscheidendem Maße reduziert werden kann. Nach langjährigen Untersuchungen des Abtriftverhaltens konnte in Verbindung mit einer entsprechenden Gebläsetechnik und einer speziellen Vorgehensweise bei der Behandlung des Randbereiches eine Einstufung dieser Technik als Abtrift minderndes Verfahren bei der BBA erwirkt werden. Damit sind

Düsenteknik

Injektordüsen neben Recyclinggeräten geeignet, bestimmte Produkte mit geringeren Abstandsauflagen einzusetzen und Anwendungsbeschränkungen zu umgehen.



Abb. 1: Injektordüsen der Typenreihen Turbodrop und AVI 80

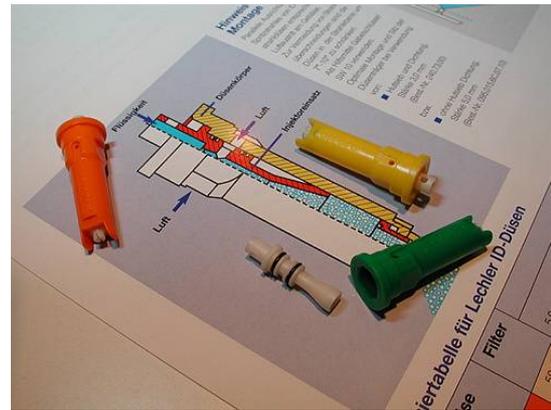


Abb. 2: Injektordüsen der Typenreihe ID 90

Die Abtrift mindernde Wirkung von Injektordüsen beruht ausschließlich auf den größeren Tropfendurchmessern. Neben der mittleren Tropfengröße, die im Pflanzenschutz durch den mittleren Volumendurchmesser (MVD) beschrieben wird, spielt in diesem Zusammenhang vor allem der 10%-Volumendurchmesser, der den besonders abtriftgefährdeten Feintropfenanteil quantifiziert, die entscheidende Rolle. Er sollte in jedem Falle deutlich über 100 μm liegen. Anhand zahlreicher Tropfengrößenanalysen mittels Laserdiffraktion (Abb. 3), durch die die essentiellen Untersuchungen des Vorhabens fortlaufend ergänzt wurden, konnte nahezu das komplette Düsenangebot für den Weinbau hinsichtlich der Abtriftdisposition eingestuft und hinsichtlich der anwendungstechnischen Eigenschaften bewertet werden. Darüber hinaus konnte damit anhand der Zerstäubungseigenschaften eine der Luftstromgeometrie des Gebläses entsprechende Düsenauswahl getroffen und die Vertikalverteilung optimiert werden. Abb. 4 zeigt am Beispiel einer verbreiteten Standard-Hohlkegeldüse und einer bevorzugt eingesetzten Injektordüse die gravierenden Unterschiede in der Tropfengröße. Als Orientierungshilfe für die Praxis gibt Tab. 1 einen Überblick über das aktuelle Düsenangebot für den Weinbau.

Während die Abtrift mindernde Wirkung der Injektordüse außer Frage steht, werden vonseiten der Praxis immer noch Bedenken hinsichtlich der Sicherheit des Behandlungserfolges geäußert. Grund dafür dürften die relativ grob strukturierten Beläge sein, die visuell einen eher negativen Eindruck vermitteln. Zahlreiche quantitative Belagsanalysen haben jedoch gezeigt, dass auch an den schwerer zugänglichen Zielpositionen die angelagerten Belagsmassen mit denen fein tropfiger Düsen vergleichbar sind. Letztendlich gaben unzählige Versuche in fast allen Anbaugebieten den Ausschlag dafür, dass Injektordüsen hinsichtlich der biologischen Leistung den konventionellen Zerstäubersystemen inzwischen als ebenbürtig eingestuft werden. Ein hinreichend sicherer Behandlungserfolg ist dann gewährleistet, wenn ihr Einsatz nach „guter fachlicher Praxis“ erfolgt. Ungeachtet der ökologischen Überlegenheit und der Gleichwertigkeit im Behandlungserfolg bietet die Injektordüse darüber hinaus den Vorteil, dass die während der Behandlung mit Standarddüsen sichtbare Driftwolke über dem Bestand kaum wahrnehmbar ist. Da Pflanzenschutzmaßnahmen infolgedes-

sen in weitaus geringerem Maße der öffentlichen Kritik ausgesetzt sind, leistet die Injektordüse somit auch einen Beitrag zur Imagepflege des Weinbaues.



Abb.3: Tropfengrößenmessung durch Laserdiffraktion

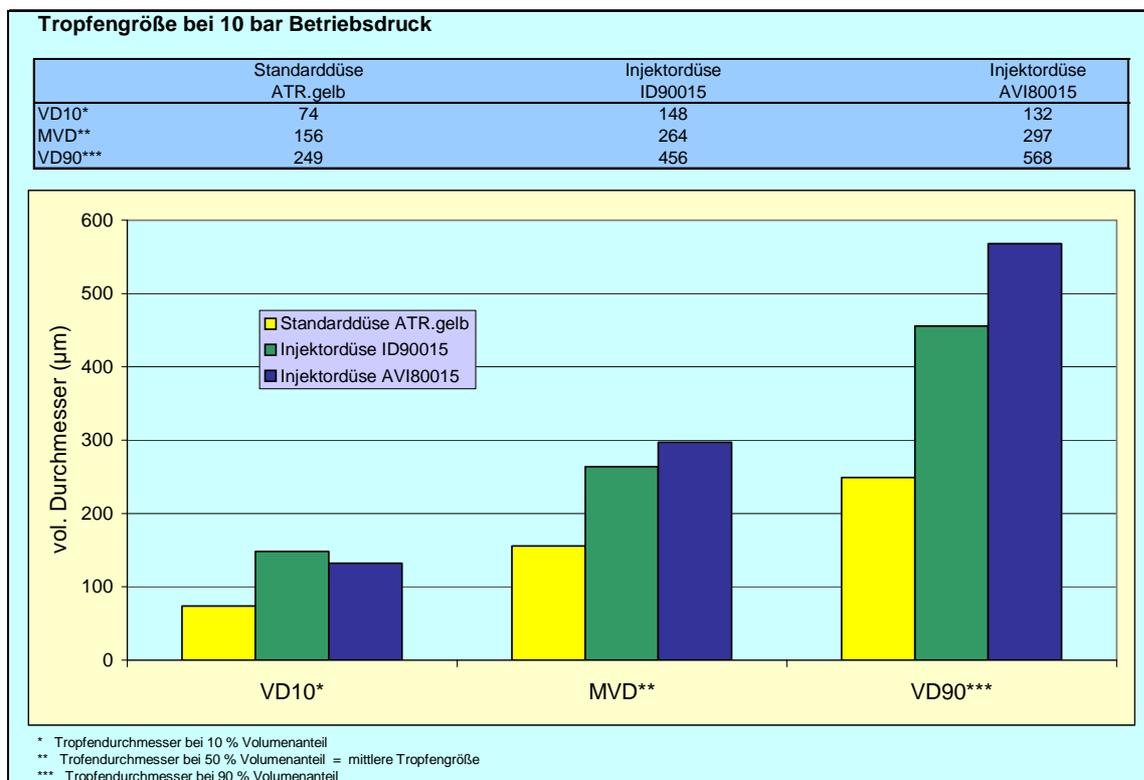


Abb. 4: Tropfendurchmesser einer Standarddüse und zweier Injektordüsen vergleichbaren Kalibers

Düsenteknik

Die folgende Übersicht gibt einen Überblick über das aktuelle Düsenangebot:

Standarddüsen			
Albus ATR (Agrotop)			Hohlkegeldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
ATR...lila ^{*)}	Euro	0,50 l/min	150-250 l/ha
ATR...braun ^{*)}	Euro	0,66 l/min	250-400 l/ha
ATR...gelb ^{*)}	Euro	1,02 l/min	400-600 l/ha
ATR...orange ^{*)}	Euro	1,34 l/min	600-800 l/ha
ATR...rot ^{*)}	Euro	1,91 l/min	800-1000 l/ha
Albus APE (Agrotop)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
APE...gelb	Euro	1,11 l/min	400-600 l/ha
APE...orange	Euro	1,55 l/min	600-800 l/ha
APE...rot	Euro	2,21 l/min	800-1000 l/ha
Albus API80 (Agrotop)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
API8001	ISO	0,73 l/min	250-400 l/ha
API80015	ISO	1,09 l/min	400-600 l/ha
API8002	ISO	1,46 l/min	600-800 l/ha
API8003	ISO	2,19 l/min	800-1000 l/ha
Lechler TR80 (Lechler)			Hohlkegeldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TR800067	ISO	0,49 l/min	150-250 l/ha
TR8001	ISO	0,72 l/min	250-400 l/ha
TR80015 ^{*)}	ISO	1,07 l/min	400-600 l/ha
TR8002 ^{*)}	ISO	1,45 l/min	600-800 l/ha
TR8003 ^{*)}	ISO	2,17 l/min	800-1000 l/ha
Conejet TX80VK (Spraying Systems)			Hohlkegeldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TX800050VK	ISO	0,33 l/min	100-150 l/ha
TX800067VK ^{*)}	ISO	0,45 l/min	150-250 l/ha
TX8001VK ^{*)}	ISO	0,68 l/min	250-400 l/ha
TX80015VK ^{*)}	ISO	1,00 l/min	400-600 l/ha
TX8002VK ^{*)}	ISO	1,40 l/min	600-800 l/ha
TX8003VK ^{*)}	ISO	2,20 l/min	800-1000 l/ha

*) = BBA-anerkannt

Fortsetzung nächste Seite.

Injektordüsen			
Turbodrop (Agrotop)			Hohlkegeldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TDM	Euro	0,66 l/min	250-400 l/ha
TDJ ^{*)}	Euro	1,02 l/min	400-600 l/ha
TDO	Euro	1,34 l/min	600-800 l/ha
TDR	Euro	1,91 l/min	800-1000 l/ha
Albuz TVI80 (Agrotop)			Hohlkegeldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TVI80005	ISO	0,37 l/min	100-150l/ha
TVI800075	ISO	0,55 l/min	150-250l/ha
TVI8001	ISO	0,73 l/min	250-400 l/ha
TVI80015	ISO	1,09 l/min	400-600 l/ha
TVI8002	ISO	1,46 l/min	600-800 l/ha
TVI80025	ISO	1,83 l/min	600-800 l/ha
TVI8003	ISO	2,19 l/min	800-1000 l/ha
Turbodrop (Agrotop)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TDF80 ...braun	Euro	0,66 l/min	250-400 l/ha
TDF80 ...gelb	Euro	1,02 l/min	400-600 l/ha
TDF80 ...orange	Euro	1,34 l/min	600-800 l/ha
TDF80 ...rot	Euro	1,91 l/min	800-1000 l/ha
Turbodrop (Agrotop)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
TD8001	ISO	0,73 l/min	250-400 l/ha
TD80015 ^{*)}	ISO	1,09 l/min	400-600 l/ha
TD8002 ^{*)}	ISO	1,46 l/min	600-800 l/ha
TD8003	ISO	2,19 l/min	800-1000 l/ha
Lechler ID90 (Lechler)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
ID9001	ISO	0,72 l/min	250-400 l/ha
ID90015	ISO	1,07 l/min	400-600 l/ha
ID9002 ^{*)}	ISO	1,45 l/min	600-800 l/ha
ID9003	ISO	2,17 l/min	800-1000 l/ha
Albuz AVI80 (Agrotop)			Flachstrahldüse
Typ/Kaliber	Farbcode	Ausstoß bei 10 bar	für Aufwandmengen von ...
AVI8001 ^{*)}	ISO	0,73 l/min	250-400 l/ha
AVI80015 ^{*)}	ISO	1,09 l/min	400-600 l/ha
AVI8002 ^{*)}	ISO	1,46 l/min	600-800 l/ha
AVI80025 ^{*)}	ISO	1,83 l/min	600-800 l/ha
AVI8003 ^{*)}	ISO	2,19 l/min	800-1000 l/ha

*) = BBA-anerkannt

1.4 Düsenauswahl nach Sprühstrahlform

Während in Flächenkulturen fast ausschließlich Düsenbauarten mit Spritzwinkeln von 110 bzw. 120° zum Einsatz kommen, haben sich bei der Bestückung von Sprühgeräten im Obst- und Weinbau 80 bzw. 90°-Düsen weitgehend durchgesetzt. Zwar rechtfertigt die Luftstromgeometrie der meisten Gebläsebauarten bei Düsenabständen im Verband von üblicherweise 25-30 cm im allgemeinen diese Auswahl, dies bedeutet jedoch nicht, dass Düsentypen mit größeren Spritzwinkeln, wie bei einigen Überzeilengeräten, oder solche kleineren Spritzwinkeln, wie im Hopfenbau, für die Ausstattung von Sprühgeräten im Weinbau grundsätzlich nicht in Betracht kommen. Die optimale Konfektionierung des Düsenverbandes ein separates, sehr komplexes Thema darstellt, konnten die in diesem Zusammenhang noch offenen Fragen nicht abschließend geklärt werden. Die nachfolgend beschriebenen Messungen der Vertikalverteilung wurden deshalb ausschließlich mit 80/90°-Düsen durchgeführt.

Im Gegensatz zur Frage des optimalen Spritzwinkels lässt sich die Frage nach der optimalen Strahlform, d.h. Kegelstahl- oder Flachstrahldüse auf Grund der bisherigen Erfahrungen bereits eindeutig beantworten. Sofern keine besonderen Umstände vorliegen, wie z.B. die Notwendigkeit besonders kleiner Düsenkaliber oder besondere Luftstromformen, sind Flachstrahldüsen in jedem Falle zu bevorzugen. Einerseits entspricht ihre Strahlform weitaus besser der Luftstromgeometrie der meisten Gebläsebauarten und andererseits ermöglichen ihre kinematischen Eigenschaften im Vergleich zu Hohlkegeldüsen eine deutlich bessere Durchdringung der Laubwand. Die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten gebläsetechnischen Untersuchungen wurden deshalb überwiegend mit Flachstrahldüsenbestückung durchgeführt.

2 Gebläsetechnik und Gebläseauswahl

Beim Pflanzenschutz im Weinbau haben mit Axial-, Radial- und Tangentialgebläsen nach wie vor alle drei Grundbauarten Bedeutung für die Praxis. Auf die häufig gestellte Frage, welche dieser drei Grundbauarten die beste sei, gibt es keine pauschale Antwort, da hierbei einerseits die Gebläsekonzeption selbst und andererseits die spezifischen Anforderungen unterschiedlicher Applikationsszenarien die entscheidende Rolle spielen. Im Gegensatz dazu gibt es jedoch innerhalb der drei Grundbauarten sehr wohl Ausführungen, die auf Grund ihrer Luftstromgeometrie hinsichtlich den im modernen Weinbau zu stellenden Anforderungen sehr unterschiedlich zu bewerten sind. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Gerätetypen, die im deutschen Weinbau stärker verbreitet sind, sowie auf einige Erfolg versprechende Neuentwicklungen. Obwohl einige der untersuchten Gerätevarianten bereits in einem früheren ATW-Vorhaben untersucht worden waren, wurden sie erneut in das Vorhaben mit einbezogen, da von der inzwischen verfügbaren Messtechnik sehr viel aussagekräftigere Ergebnisse erwartet werden. Einige der damals untersuchten Bauarten, die den heute gestellten Anforderungen hinsichtlich Luftstromgeometrie offensichtlich nicht mehr genügen, wurden nicht mehr mit einbezogen, obwohl sie z. T. nach wie vor noch in der Praxis verbreitet sind. Auch Geräte mit überdimensionierter Luftleistung, wie sie mitunter in Obst-/Weinbaugemischtbetrieben zum Einsatz kommen, wurden nicht berücksichtigt.

Die entscheidenden Voraussetzungen, die ein zeitgemäßes Gebläsekonzept hinsichtlich der Luftstromgeometrie zu erfüllen hat, sind neben der dem Zielobjekt entsprechenden Leistungskategorie eine möglichst gezielte und exakt auf die Laubwand begrenzte Luftführung. Im Interesse einer optimalen Wirkstoffverteilung sollten dabei die Luftgeschwindigkeiten, mit denen die Laubwand angeströmt wird, in dichteren Höhenbereichen, wie der Traubenzone höher und in Bereichen mit geringerer Blattmasse, wie der Gipfelzone niedriger sein. Moderne Gebläsekonzepte für den Weinbau tragen dem bereits in gewissem Umfange Rechnung. Künftige Gerätegenerationen sollten darüber hinaus in der Lage sein, durch entsprechende Einstellmöglichkeiten den immer häufiger durchgeführten Laubwandkorrekturen (Entblätterung der Traubenzone) und den sich ändernden Laubwandformen während der Vegetationsperiode Rechnung zutragen. Dass vor allem im oberen Laubwandbereich ein möglichst horizontal ausgerichteter Luftstrom erheblich zur Verminderung der Abtrift beiträgt, liegt auf der Hand.

2.1 Axialgebläse

Aus der Familie der Axialgebläse wurden ein so genanntes offenes Axialgebläse der ersten Generation, eine moderne Version mit geschlossenem Luftleitsystem und ein Doppelaxialgebläse untersucht.

Offenes Axialgebläse

Als Vertreter der offenen Axialgebläse wurde der seit den 60er Jahren im Weinbau sehr weit verbreitete Typ TU50 der Firma Holder ausgewählt. Die Luftverteilung wird bei diesem Gebläsetyp sehr stark durch die Drehrichtung des Rotors beeinflusst. Da kein besonderes Luftleitsystem vorhanden ist, herrschen an beiden Seiten unterschiedliche Strömungsbedingungen. Der dabei entstehende Dralleffekt wirkt sich zudem stark auf die Verteilung der Flüssigkeit am Zielobjekt aus. Eine genaue Abgrenzung des Luftstroms zum oberen und unteren Laubwandabschluss ist nicht möglich. Das TU 50 ist mit fünf unbeweglichen, innen liegenden Düsen je Teilbreite ausgestattet. Die maximale Luftleistung dieses Gerätetyps beträgt 22.000 m³/h bei einer Austrittsgeschwindigkeit von 25 m/s.



Abb.5:offenes Axialgebläse (TU 50)



Abb. 6: modernes Axialgebläse mit Luftleitsystem (ZA 24)

Axialgebläse mit Luftleitsystem

Als Vertreter einer zeitgemäßen Axialgebläsegeneration wurde der Typ ZA 24 der Firma Wanner getestet. Dabei handelt es sich um eine Ausführung mit geschlossenem Luftleitsystem, die eine vergleichsweise exakte horizontale Abgrenzung des Luftstromes im oberen und unteren Grenzbereich der Laubwand ermöglicht. Die erhöhte Position des Läufers in mittlerer Höhe des Gebläsekastens wirkt einer steilen Aufwärtsbewegung des Luftstromes entgegen, was sich positiv auf das Abtriftverhalten auswirkt. Das Gerät ist damit in die Abtriftminderungsklasse 90 % eingestuft. Die maximale Luftleistung des Gebläses beträgt 28.000 m³/h bei einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von 30 m/s. Das Gebläse ist mit sechs außen liegenden, in der Höhe verstellbaren Düsenstationen pro Teilbreite ausgestattet und verfügt über ein zweistufiges Schaltgetriebe.

Doppelaxialgebläse

Das von Jacoby entwickelte und künftig von der Firma Krieger vertriebene Doppelaxialgebläse vom Typ K 600 verfügt über zwei gegenläufige Rotoren, von denen einer die Luft von vorne und der andere von hinten ansaugt (Abb. 7). Dieses Konzept, das ursprünglich von österreichischen Geräteherstellern favorisiert wurde, soll in erster Linie zur Verbesserung der Luftstromsymmetrie beider Teilbreiten beitragen. Eine weitere Besonderheit dieses Gebläsetyps besteht in der Verstellbarkeit des Anstellwinkels der Beschaufelung. Das Gebläse ist mit 2 x 6 innen liegenden, fix positionierten Düsenstationen ausgestattet. Das Gerät ist in die Abtriftminderungsklasse 75 eingestuft. Der Abtriftmindernde Einsatz ist jedoch nur dann möglich wenn die oberste Düse geschlossen bleibt und unterhalb der obersten Düsenstation ein zusätzliches Luftleit-

blech eingebaut ist. Mit einem Luftfördervolumen von über 30.000 m³/h in der zweiten Schaltstufe ist dieser Gebläsetyp im Weinbau schon leicht überdimensioniert. Beim Einsatz in Normalanlagen bis 2,00 m Reihenabstand kann also auf die zweite Schaltstufe ohne weiteres verzichtet werden.



Abb.7:Doppelaxialgebläse (K 600) mit Leitblech



Abb.8:Modifiziertes zweifächriges Radialgebläse

Radialgebläse

Trotz des vergleichsweise hohen Leistungsbedarfs spielen Radialgebläse nach wie vor eine wichtige Rolle in der Praxis. Bei dieser Gebläsebauart wird die Luft in axialer Richtung von hinten angesaugt und in radialer Richtung beschleunigt. Im Gebläsemantel formiert sich die Luft zu einer Strömung mit hoher kinetischer Energie, die nach außen über Luftkanäle abgeführt wird. Dabei können je nach Form der Austrittsöffnung unterschiedliche Strahlformen erzeugt werden. Im Vergleich zu Axialgebläsen fördern Radialgebläse bei gleicher Leistung geringere Luftmengen mit höherer Luftgeschwindigkeit. Der größere statische Druck dieser Bauart ermöglicht eine Weiterleitung des Luftstromes und damit eine Freisetzung an beliebiger Stelle. Deshalb bilden besonders Radialgebläse die Basis für mehr reihige Applikationsverfahren.

2.2.1 Zweifächrige Radialgebläse

Mit dem Typ Quattro wurde die Entwicklung der heutigen Radialgebläsegeneration durch die Fa. Vicar eingeleitet. Gegenüber diesem immer noch sehr weit verbreiteten Gebläsetyp bestehen inzwischen berechnete Vorbehalte seitens der Beratung. In der ursprünglichen Version ist dieser Gebläsetyp nur für Laubwandhöhen bis 1,80 m von der BBA anerkannt und erfüllt nicht die Voraussetzungen für eine Abtrift mindernde Applikation. Eine deutliche Verbesserung der Verteilungseigenschaften kann mit der in Abb. 8 gezeigten modifizierten Version mit hoch gesetztem oberem Fächerpaar erreicht werden. Um eine akzeptable Vertikalverteilung zu erreichen, ist gerade bei diesem Gebläsetyp auf eine sehr sorgfältige Ausrichtung der Fächer und auf eine der Anlagenform entsprechende Konfektionierung des Düsenverbandes zu achten. Die Verlängerungsrohre zur Erhöhung der oberen Fächerposition sind als Nachrüstsatz erhältlich.



Abb.9: Dreifächriges Radialgebläse T 460
GR 40



Abb.10: Dreifächriges Radialgebläse

2.2.2 Dreifächrige Radialgebläse

Mit dem Typ T 460 wurde von Vicar die Entwicklung einer zeitgemäßen Generation von Radialgebläsen eingeleitet. Mit 3 Fächern pro Teilbreite ermöglicht dieser Gebläsetyp eine gute Anpassung der Vertikalverteilung an die Laubwandform (Abb. 9). In der Grundeinstellung wird durch Überlappung der beiden unteren Fächer in der Traubenzone eine besonders intensive Durchdringung und im Bereich der Gipfelzone eine exakte Abgrenzung des Sprühstrahls ermöglicht. Der Gebläsetyp ist demzufolge in die Abtriftminderungskategorie 90 % eingestuft. Da dieser Gebläsetyp für Normalanlagen im Weinbau leicht überdimensioniert ist, kann auf die Benutzung der hohen Gebläse-

schaltstufe grundsätzlich verzichtet werden. Schon in der niedrigen Schaltstufe wird in Normalanlagen mit einer Zapfwellendrehzahl von 450 1/min eine ausreichende Durchdringung der Laubwand erreicht. Bei entblätterter Traubenzone kann die Zapfwellendrehzahl sogar noch weiter reduziert werden. In jedem Falle ist auch bei dieser Gebläsebauart eine sorgfältige Ausrichtung der Fächer vorzunehmen. Der in Abb. 10 gezeigte Typ GR 40 von Wanner verkörpert die gleiche Bauart.

2.2.3 Radialgebläse mit Luftverteilungssystem

Dieses in Frankreich schon länger unter der Bezeichnung Turbocoll bekannte Gebläsekonzept (Abb. 11) wurde in die Untersuchungen mit einbezogen, da ein namhafter deutscher Weinbaugerätehersteller beabsichtigt, es auf dem deutschen Markt einzuführen. Das Gerät ist mit einem zentralen Radialgebläse ausgestattet, das die Luft über Schläuche zu den beiden Teilbreiten leitet und über jeweils zehn Luftauslässe pro Teilbreite verteilt. Die Luftverteilung erfolgt über Venturi-Düsen, wodurch das vom Gebläse geförderte Luftvolumen vergrößert wird. Die Abmessung der Verteileinheit entspricht mit 1,40 m den üblichen Laubwandhöhen. Sie ist mit 5 Düsenstationen ausgestattet.



Abb.11: Radialgebläse mit Luftverteilungssystem



Abb.12: Diffusor-Radialgebläse Holder PSV30 Turbocoll von Tecnomat

Diffusor-Radialgebläse

Bei diesem, von der Firma Holder entwickelten, neuen Radialgebläsekonzept mit der Typenbezeichnung PSV 30 unterscheidet sich die Luftführung grundlegend von der Luftführung bisher verbreiteter Radialgebläsebauarten (Abb. 12). Der gegen die Fahrtrichtung angesaugte Luftstrom wird in einem Aufstiegskanal mit rechteckigem Quer-

schnitt senkrecht nach oben geführt, um 180° umgelenkt und dem vor dem Rotor liegenden, nach dem Diffusorprinzip arbeitenden Verteilungskanal zugeführt. Dieser verfügt auf jeder Seite über sechs Luftaustrittsöffnungen die jeweils paarweise in ein vertikal verschenkbare Luftleitelement mit rechteckigem Austrittsquerschnitt münden. Mit drei Luftleitelementen pro Teilbreite, von denen jedes mit zwei außen liegenden Düsenstationen ausgestattet ist, wird die im Weinbau übliche Laubwandhöhe abgedeckt. Da sich der Verteilungskanal nach unten hin verjüngt, wird eine sehr gleichmäßige vertikale Luftverteilung erzielt. In der gesamten Luftstromgeometrie tendiert dieses Gebläsekonzept sehr stark in Richtung Tangentialgebläse und präsentiert sich als Innovation sehr viel versprechend.

Eine weitere Besonderheit ist die optionale Seitenschaltung. Hier kann die Luftstromverteilung vom Schleppersitz aus stufenlos mehr nach der einen oder der anderen Seite hin reguliert werden, was sich besonders bei Seitenwind in den frühen Entwicklungsstadien mit wenig Laubwandmesse bewährt hat.

2.3 Tangentialgebläse

Das Tangentialgebläse leitet sich vom Radialgebläse und unterscheidet sich strömungstechnisch grundlegend von den anderen Gebläsebauarten. Die vertikal angeordneten, walzenförmigen Läufer saugen die Luft an der Vorderseite an, beschleunigen sie bei zweimaliger Passage der Beschauelung und lenken sie um 90° zur Seite hin um. Die Luft wird hierbei nicht kanalisiert und kann somit widerstandsfrei und laminar austreten. Durch die senkrechte Anordnung der Läufer entsteht ein horizontaler Luftstrom, der im oberen Bereich scharf abgegrenzt ist. Da keine aufwärts gerichtete Strömungskomponente existiert, kommt es über der Gipfelzone kaum zu einem Wirkstoffaustrag. Der Antrieb erfolgte bei den ersten Geräten über ein Getriebe und war somit abhängig von der Zapfwelldrehzahl des Traktors. Die neueren Gerätetypen werden dagegen, unabhängig von der Zapfwelle über Hydraulikmotoren und den Ölkreislauf des Traktors angetrieben. Weitere Verbesserungen brachten die Verlegung der Düsen aus dem Luftstrom und die separate Drehzahlregelung beider Läufer-einheiten, womit Seitenwinde ausgeglichen werden können.

2.3.1 Standard-Tangentialgebläse

Als Standardgerät für Normalanlagen hat sich ein Größenkategorie mit 1,40 m Walzenlänge im Weinbau etabliert. Das von der Firma Weber hergestellte Gebläse ist unter der Typenbezeichnung QU 14 auf dem Markt (Abb. 13). Weitere Größenkategorien mit der den Typenbezeichnungen QU 15 und QU 16 sind vor allem im Obstbau verbreitet. Die Ausblasrichtung der Läufer ist stufenlos von 0 bis 45° nach hinten verstellbar. Das Gebläse ist mit sechs, inzwischen ausschließlich außen liegenden Düsenstationen je Teilbreite ausgestattet. Die maximale Luftleistung einer Teilbreite im mittleren Drehzahlbereich beträgt ca. 11.000 m³/h.



Abb.13: Tangentialgebläse Weber QU14



Abb.14: Geteiltes Tangentialgebläse Weber O-X 320

2.3.2 Geteiltes Tangentialgebläse

Bei dem geteilten Tangentialgebläse der Firma Weber handelt es sich um die jüngste Entwicklung im Bereich der tangentialen Querstromtechnik. Das Grundprinzip basiert auf die bekannte Technik des QU 14 mit starren Läufern. Neu ist die Ausstattung des Systems mit zwei separaten Lüftereinheiten pro Teilbreite, bei denen sich sowohl der vertikale Neigungswinkel (Abb. 14) als auch die Öldurchflussmenge und dadurch die Rotordrehzahl unabhängig voneinander einstellen lassen. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, den Luftstrom in der Trauben- und Gipfelzone unterschiedlich einzustellen und anzupassen. Außerdem lässt sich der Luftstrom beider Teilbreiten separat regeln, wodurch auf Seitenwinde und Abstandsauflagen Rücksicht genommen werden kann. Insgesamt ist das Gerät mit 2 x 6 Düsenstationen ausgerüstet, die zur weiteren Optimierung der Luftstromgeometrie außerhalb des Luftstromes an vertikal beweglichen Stationen angebracht sind. Geschaltet wird das Gerät über eine elektrische Fernbedienung vom Traktor aus. Die Luftleistung der einzelnen Segmente muss allerdings manuell eingestellt werden. Eine automatisierte, den Windverhältnissen angepasste Luftstromregelung befindet sich in der Entwicklung. Mit der O-X-Reihe wurde von der Firma Weber der Einstieg in die Segmentbauweise beim Tangentialgebläse vollzogen. Mit diesem aus mehreren Segmenten bestehenden Konzept kann die Luftleistung in jeder Laubwandhöhe der jeweiligen Laubwanddicke angepasst werden, ein Vorteil, der besonders bei Laubwandkorrekturen, wie der partiellen Entblätterung der Traubenzone zum Tragen kommt.

3 Luftstromgeometrie

Zur Erfassung der Luftstromgeometrie wurde am FG Technik ein neuer Messstand auf der Basis eines Ultraschall-Sensors entwickelt. Als Kenngrößen der Luftstromgeometrie wurden damit die Luftstromgeschwindigkeit und die Strömungsrichtung gemessen.

3.1 Meßmethode

Der Ultraschall-Messwertaufnehmer der Firma Ultrasonic Anemometers arbeitet zwei-dimensional und besteht aus vier kreuzweise angeordneten Einzelsensoren, die gleichzeitig als Ultraschallquelle und -empfänger fungieren (Abb. 15). Der Abstand zweier gegenüberliegender Sensoren beträgt 200 mm. Das Messprinzip beruht darauf, dass die Laufzeit der Ultraschallsignale von der Strömungsgeschwindigkeit der umgebenden Luft abhängt. Dabei korrespondieren jeweils die beiden gegenüberliegenden Sensoren. Aus den Laufzeitdifferenzen der beiden sich kreuzenden Messstrecken wird neben der Strömungsgeschwindigkeit auch die Strömungsrichtung errechnet. Während der Messung wechseln die sich ständig wiederholenden Ultraschallsequenzen im Uhrzeigersinn sehr schnell von einem zum nächsten Sensor. Die für eine Einzelmesssequenz benötigte Zeit liegt bei weniger als 10 ms. Die Umrechnung der Laufzeitdifferenzen in Windgeschwindigkeit und Strömungsrichtung erfolgt direkt im System. Der Hauptvorteil des beschriebenen Meßsystems gegenüber Flügelrad- oder Schalenkreuzanemometern besteht in der geringeren Störanfälligkeit, der höheren Messgenauigkeit und dem Wegfall von Anlauf- und Nachlaufproblemen. Ein Nachteil besteht in der weniger guten Eignung für Messungen in engen geschlossenen Räumen, da hier durch Echoeffekte die Messgenauigkeit beeinträchtigt werden kann. Aus diesem Grund wurden sämtliche Messungen im Freien durchgeführt.

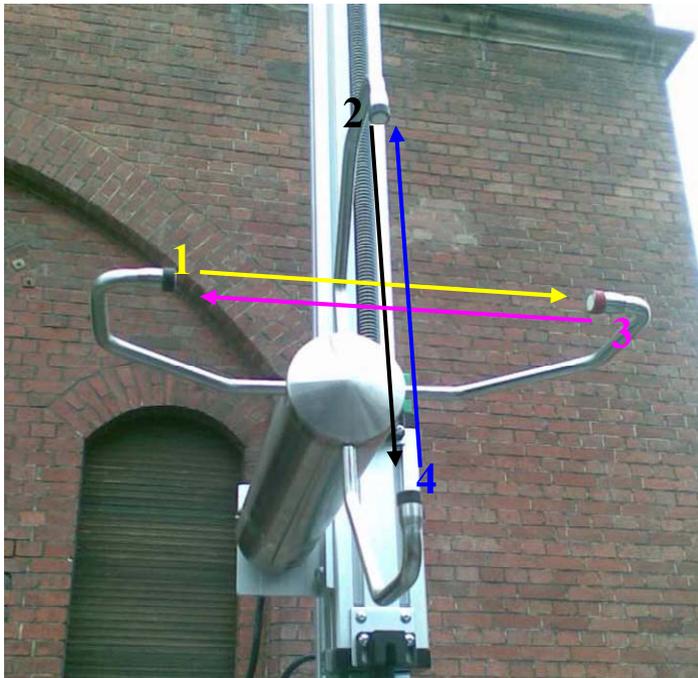


Abb.15: Ultraschall-Meßwertaufnehmer von der Firma Ultrasonic Anemometers



Abb.16: Messstand zur Erfassung der Luftprofile

Die Messwerte werden von dem am Fachgebiet grundsätzlich verwendeten Datenerfassungssystem DaisyLab aufgezeichnet und in Excel-Dateien abgelegt. Hier erfolgen die Zuordnung zur augenblicklichen Messposition und gegebenenfalls die Ausführung weiterer Rechenschritte, wie die Berechnung des Luftvolumens in den einzelnen Höhenbereichen.

Für einen kompletten Messgang werden in der Regel 20-30 min benötigt, wobei der Sensor ein Areal mit einer Ausdehnung von bis zu 1,00 m in horizontaler Richtung und bis zu 3,00 m in vertikaler Richtung rasterförmig abfährt. Da die Kinematik auf der Basis zweier elektronisch gesteuerter Drehstrom-Asynchronmotoren mit Spindelantrieb realisiert wurde, konnte auf den Einsatz von Wegaufnehmern zur Positionsbestimmung verzichtet werden. Vielmehr wird die Abfolge der Sensorbewegung im Steuerprogramm vorgegeben und bei gleichzeitiger Zuordnung der Messdaten zur jeweiligen Sensorposition direkt von der Kinematik umgesetzt.

Der Messabstand des Sensors zur Gerätemitte wurde, entsprechend dem Reihenabstand zeitgemäßer Anbausysteme von 2,00 m auf 1,00 m festgelegt, um die Strömungsverhältnisse in unmittelbarer Laubwandnähe zu erfassen. Ein Messzyklus beginnt bei der geringst möglichen Sensorhöhe, ca. 0,20 m über dem Boden. Der Sensor fährt kontinuierlich eine Strecke in horizontaler Richtung, d.h. in Fahrtrichtung ab und versetzt an deren Ende in frei wählbaren Schritten nach oben. Bei den meisten Gebläsebauarten hat sich in Fahrtrichtung eine Messstreckenlänge von 0,80 m. Die maximal mögliche Messhöhe von 3,00 m musste nur bei wenigen Gebläsetypen ausgeschöpft werden, bei den meisten Geräten konnte die Messung schon in geringerer Höhe, wenn keine Luftbewegung mehr erkennbar war, abgebrochen werden.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Verteilung der Luftgeschwindigkeitsklassen in der Messfläche

Axialgebläse (Abb.17)

Die alte Form des offenen Axialgebläses (TU 50) ist im Vergleich zu modernen Gerätebauarten hinsichtlich der Luftstromgeometrie deutlich im Nachteil und damit nicht mehr zeitgemäß. Die Verteilungsdiagramme lassen deutlich Luftbewegungen über dem Gipfelzonenbereich erkennen. Hinzu kommt die starke Asymmetrie beider Teilbreiten, die schon seit langem den Hauptkritikpunkt an dieser Gebläsebauart ausmacht.

Im Gegensatz dazu wird beim zeitgemäßen Axialgebläse mit Luftleitsystem (ZA 24) bei deutlich besserer Symmetrie beider Teilbreiten weitaus weniger Luft in den Höhenbereich oberhalb der oberen Laubwandgrenze verbracht, wenngleich auch dieser Typ noch Wünsche hinsichtlich einer optimalen Vertikalen Luftverteilung offen lässt.

Da Doppelaxialgebläse vermittelt hinsichtlich der Luftstromsymmetrie einen recht positiven Eindruck. Dank des in der Weinbauversion zusätzlich eingebauten Leitbleches kann die vertikale Luftverteilung als zufrieden stellen bezeichnet werden.

Radialgebläse (Abb. 18)

Da sich bei den Radialgebläsen die Diskussion der Teilbreitensymmetrie weitgehend erübrigt, sind in Abb. 18 nur die Graphiken einer Teilbreite dargestellt. Die beiden dreifächrigen Versionen unterscheiden sich kaum voneinander. Die sehr exakte Abgrenzung des Luftstromes im Bereich der Gipfelzone rechtfertigt einmal mehr die Einstufung beider Typen in die Abtriftminderungsklasse 90 %. Eine reichlich bemessene Luftstromintensität ist über die gesamte Laubwandhöhe gewährleistet. Infolge der Überlappung benachbarter Fächer ergeben sich jedoch Unterschiede in der Luftgeschwindigkeit, die durch entsprechende Fächerausrichtung auf besonders exponierte Laubwandbereiche konzentriert werden können.

Sowohl das Radialgebläse Turbocoll mit speziellem Luftverteilungssystem als auch das Diffusor-Radialgebläse PSV 30 zeichnen sich durch eine über die gesamte Laubwandhöhe sehr gleichmäßige Luftstromintensität so wie durch eine sehr exakte Abgrenzung des Luftstromes im oberen und unteren Grenzbereich der Laubwand aus. Die Luftverteilungseigenschaften beider Gebläsetypen sind durchaus mit denen von Tangentialgebläsen vergleichbar.

Tangentialgebläse (Abb. 19)

Die Ergebnisse des Tangentialgebläsetyps QU 14 bedürfen keines besonderen Kommentars. Die Messungen am geteilten Tangentialgebläse standen infolge eines technischen Defektes zum Zeitpunkt der Abfassung des Berichtes noch aus.

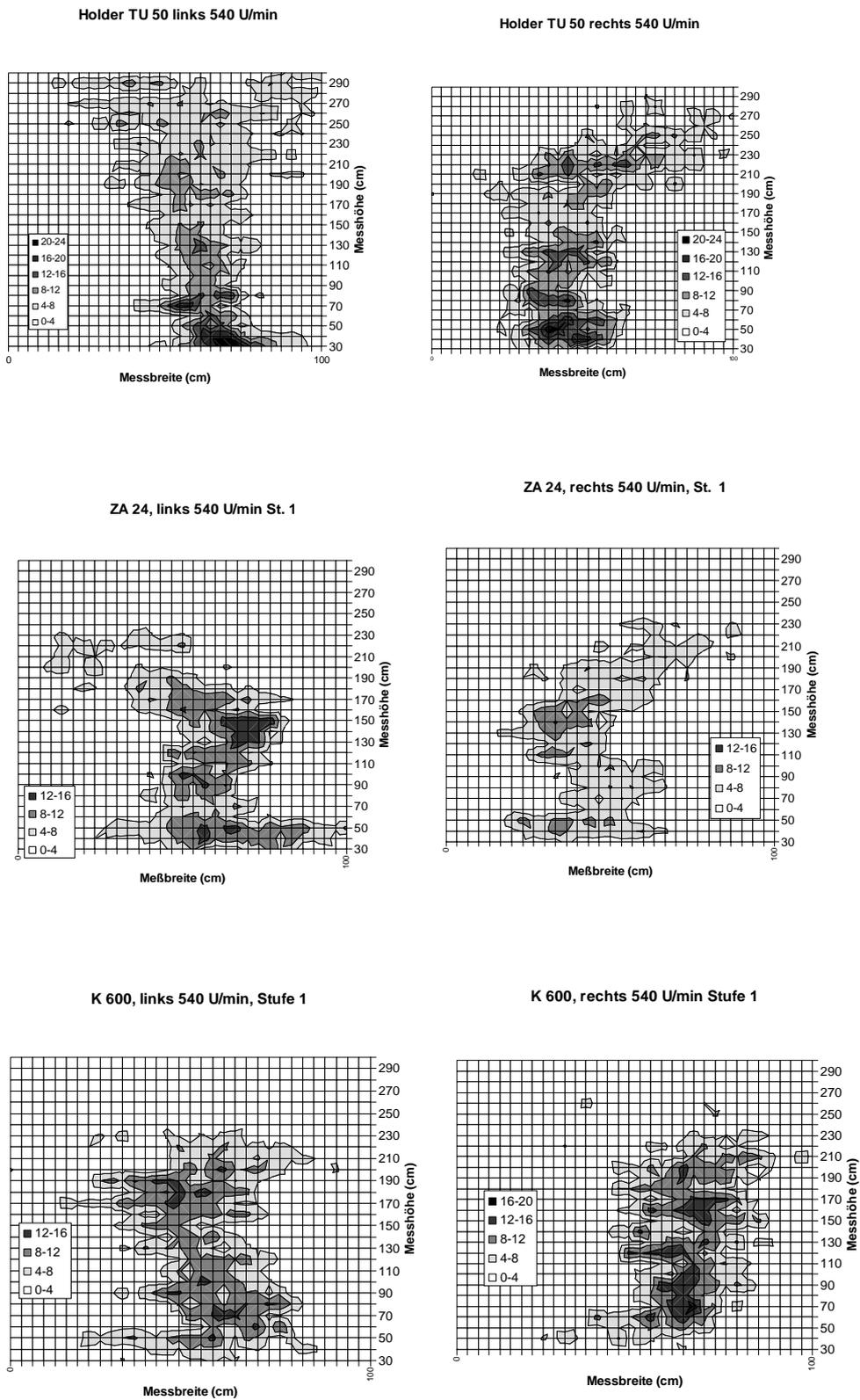
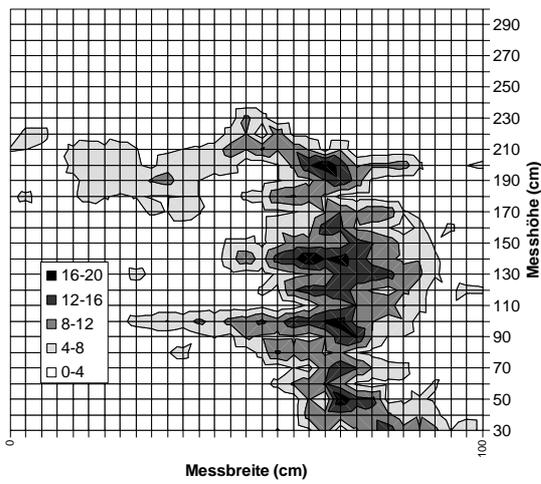


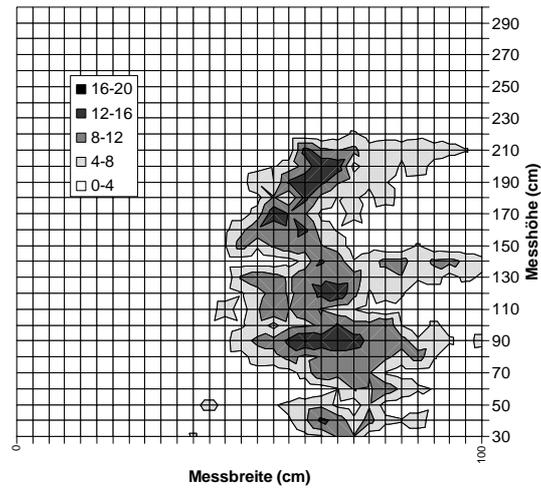
Abb.17: Luftgeschwindigkeitsverteilung in der Messfläche bei Axialgebläsen

Luftstromgeometrie

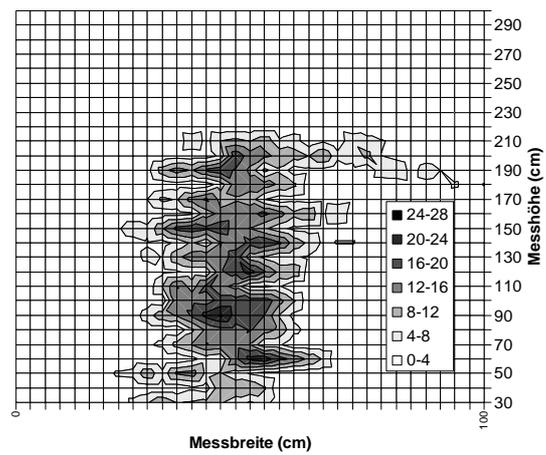
Vicar T 460, 540 U/min, Stufe 1



GR 40, 540 U/min, Stufe 1



PSV 30, 540 U/min, Stufe 1



Turbocoll, 540 U/min

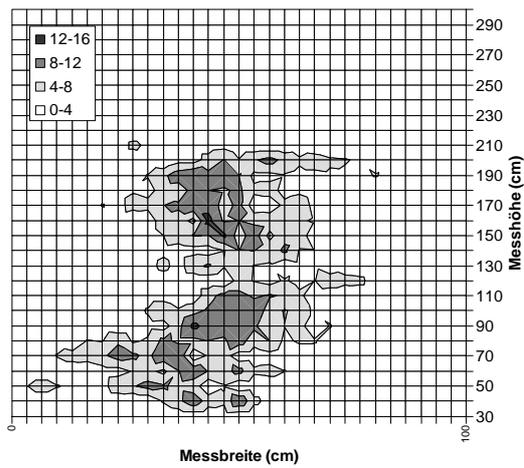


Abb.18: Luftgeschwindigkeitsverteilung in der Messfläche bei Radialgebläsen

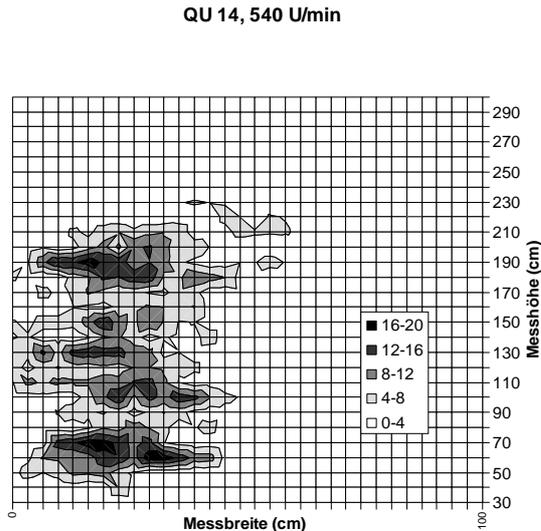


Abb.19: Luftgeschwindigkeitsverteilung in der Messfläche beim Tangentialgebläse

3.2.2 Luftstromprofile

Die nachfolgend dargestellten Luftstromprofile erstrecken sich auf die Luftgeschwindigkeit und Strömungsrichtung in Abhängigkeit von der Messhöhe. Bei den Luftgeschwindigkeiten handelt es sich jeweils um den Maximalwert der betreffenden Höhenposition. Beim Vergleich der Luftgeschwindigkeitsprofile in einem Diagramm sind die auf der Abszisse aufgetragenen Werte im linken Diagrammteil (= linke Gebläseseite) aus darstellungstechnischen Gründen mit negativem Vorzeichen versehen. Bei den Strömungsrichtungen bedeutet der Wert Null eine exakt horizontal ausgerichtete Strömung, positive Werte stehen für einen nach oben gerichteten und negative Werte für nach unten gerichteten Luftstrom.

Axialgebläse (Abb. 20 - 22)

Beim offenen Axialgebläse TU 50 zeigt sich ein sehr inhomogenes Bild des Luftstromprofils. Sowohl Luftgeschwindigkeit als auch Strömungsrichtung sind auf beiden Gebläseseiten, durch die Drehrichtung des Rotors bedingt, sehr unterschiedlich. Die Strömungsrichtung wird nach oben hin steiler, was die hohen Abtriftwerte erklärt.

Die Strömungsgeschwindigkeit unterliegt auch bei dem neueren Gerät ZA 24 immer noch stärkeren Schwankungen, durch das Luftleitsystem nähert sich die Strömungsrichtung im oberen Bereich jedoch sehr viel stärker der Horizontalen an. Das Doppelaxialgebläse zeichnet sich dadurch aus, dass das Luftstromprofil unter den Axialgeräten den homogensten Verlauf nimmt. Der Typ K 600 trägt also zu einer erheblichen Verbesserung der Luftsymmetrie bei. Dennoch verläuft die Kurve der Strömungsrichtung im Vergleich zum Tangentialgebläse ab einer Höhe von 1,20 m trotz Nachrüstung mit einem zusätzlichen Leitblech relativ steil.

Luftstromgeometrie

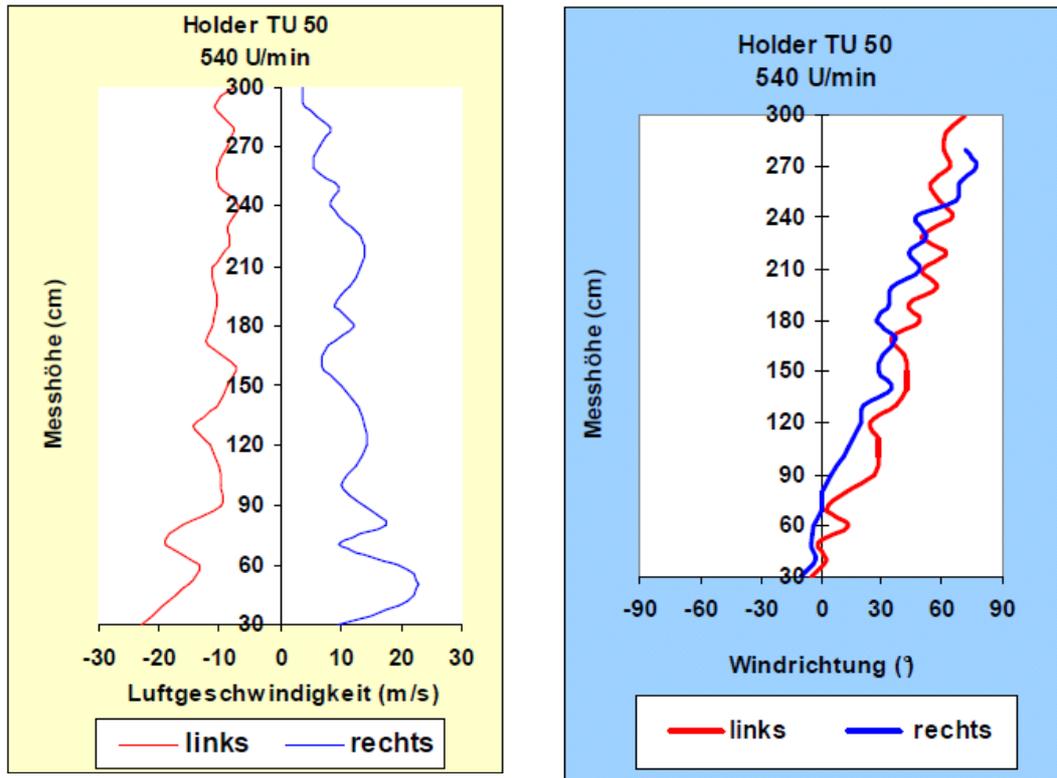


Abb.20: Strömungsprofil des offenen Axialgebläses

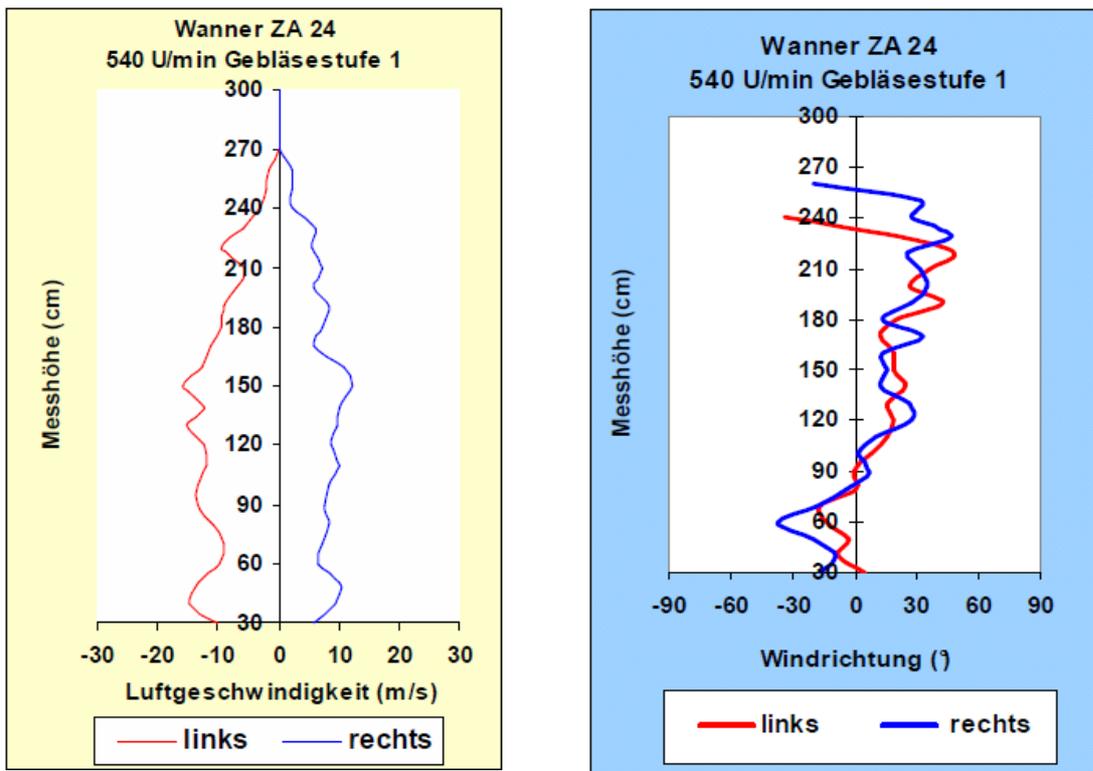


Abb.21: Strömungsprofil des modernen Axialgebläses mit Luftleitsystem

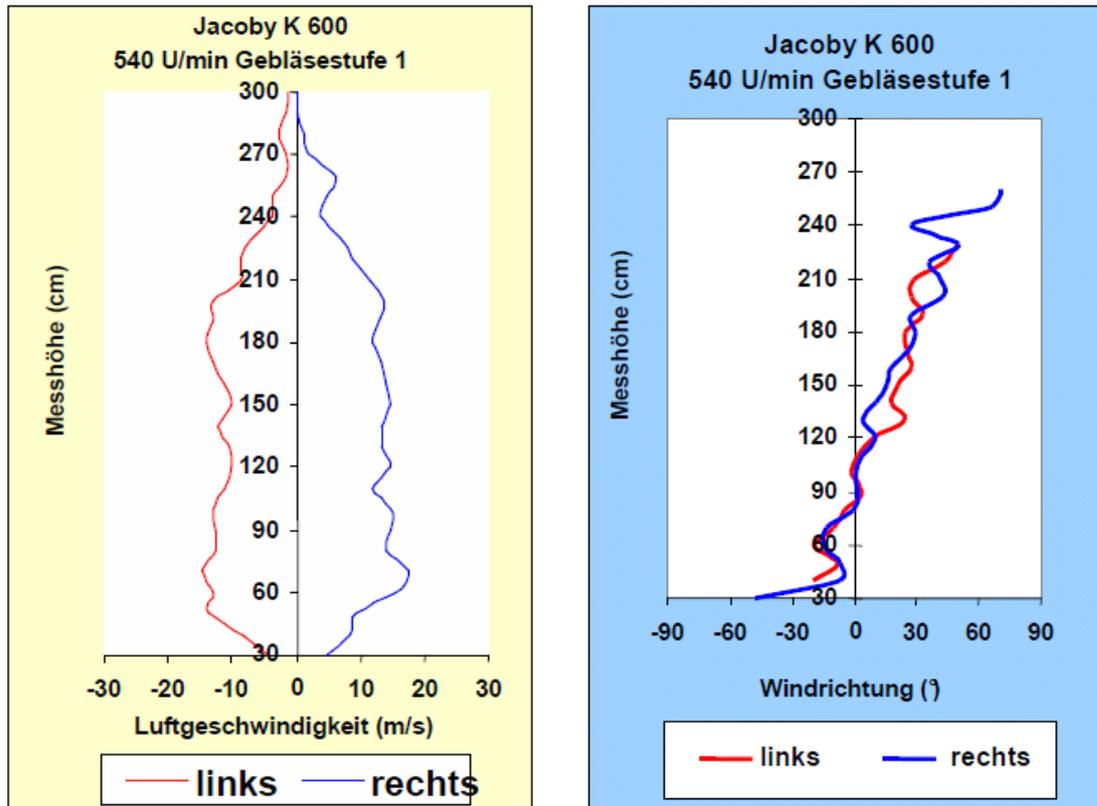


Abb.22: Strömungsprofil des Doppelaxialgebläses mit zusätzlichem Leitblech

Fächerradialgebläse (Abb. 23-25)

Abb. 23 zeigen das Luftstromprofil der Radialgeräteausführung mit zwei Fächern je Teilbreite in der modifizierten Form, d.h. mit höher gesetzten oberen Fächern. Dass hier die Luftstrombewegungen im Vergleich zu dreifächrigen Version deutlich weiter nach oben reichen, dürfte daran liegen, dass das untere Fächerpaar im Interesse der Vertikalverteilung der Flüssigkeit steiler angestellt werden muss, und damit weiter über den Geipfelzonenbereich hinaus trägt. Das aktuelle und für den Weinbau empfohlene Gerätekonzept mit drei Fächern je Teilbreite präsentiert sich, abgesehen von der besseren Teilbreitensymmetrie, auch bezüglich des Austragsverhaltens über der oberen Laubwandgrenze deutlich vorteilhafter. Auch hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Luftverteilung und insbesondere hinsichtlich der nahezu optimalen Strömungsrichtung, die unten mehr nach oben und im Gipfelzonenbereich mehr nach unten weist, ist die dreifächrige Ausführung der Vorgängerversion deutlich überlegen. Durch eine leichte Neigung des obersten Fächers nach unten, wie sie für den Abtrift mindernden Einsatz obligatorisch ist, und des unteren Fächers nach oben wird ein Mehrertrag an Luft und Wirkstoff in die Traubenzzone möglich, was bei stärkerem Wuchs und dem Verzicht auf die partielle Entblätterung von der Praxis häufig als Vorteil erachtet wird. Beide Untersuchten Fabrikate dieser Gerätebauart unterscheiden sich nur marginal.

Luftstromgeometrie

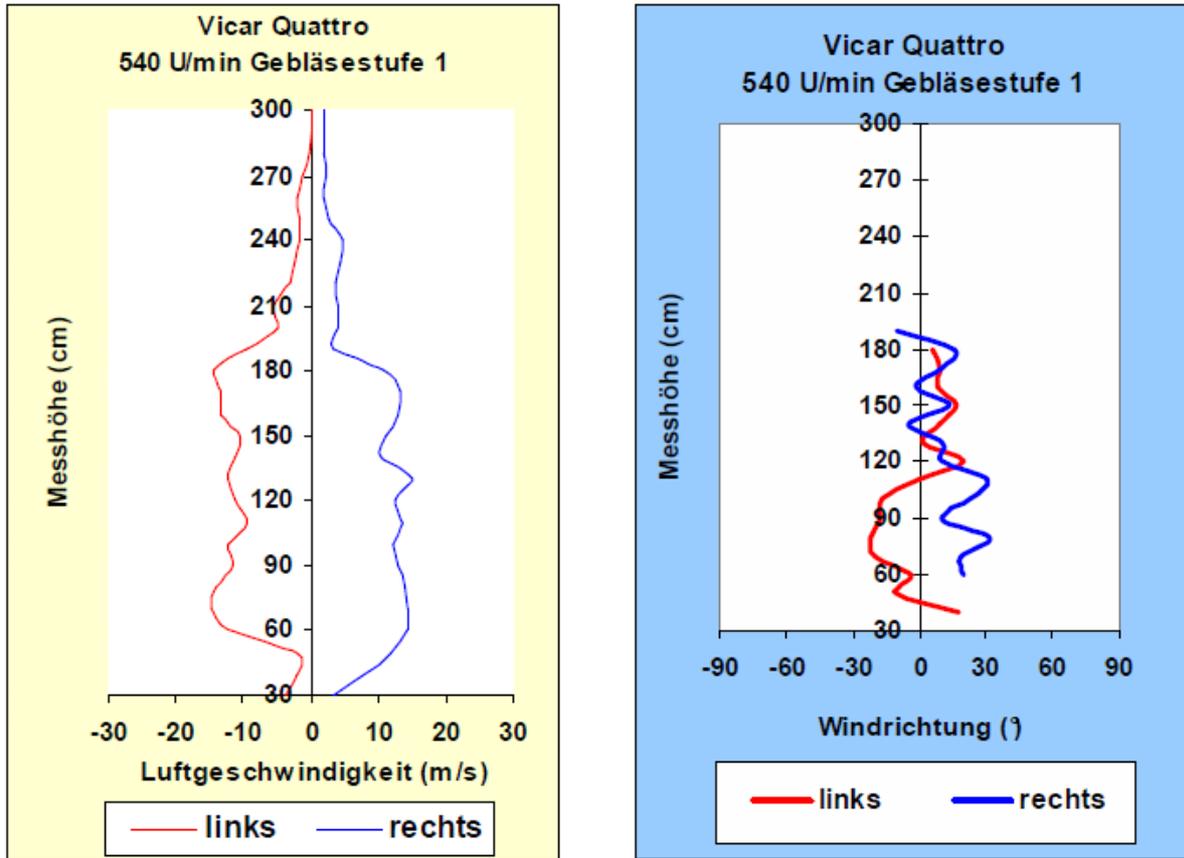


Abb.23: Strömungsprofil des zweifährigen Radialgebläses

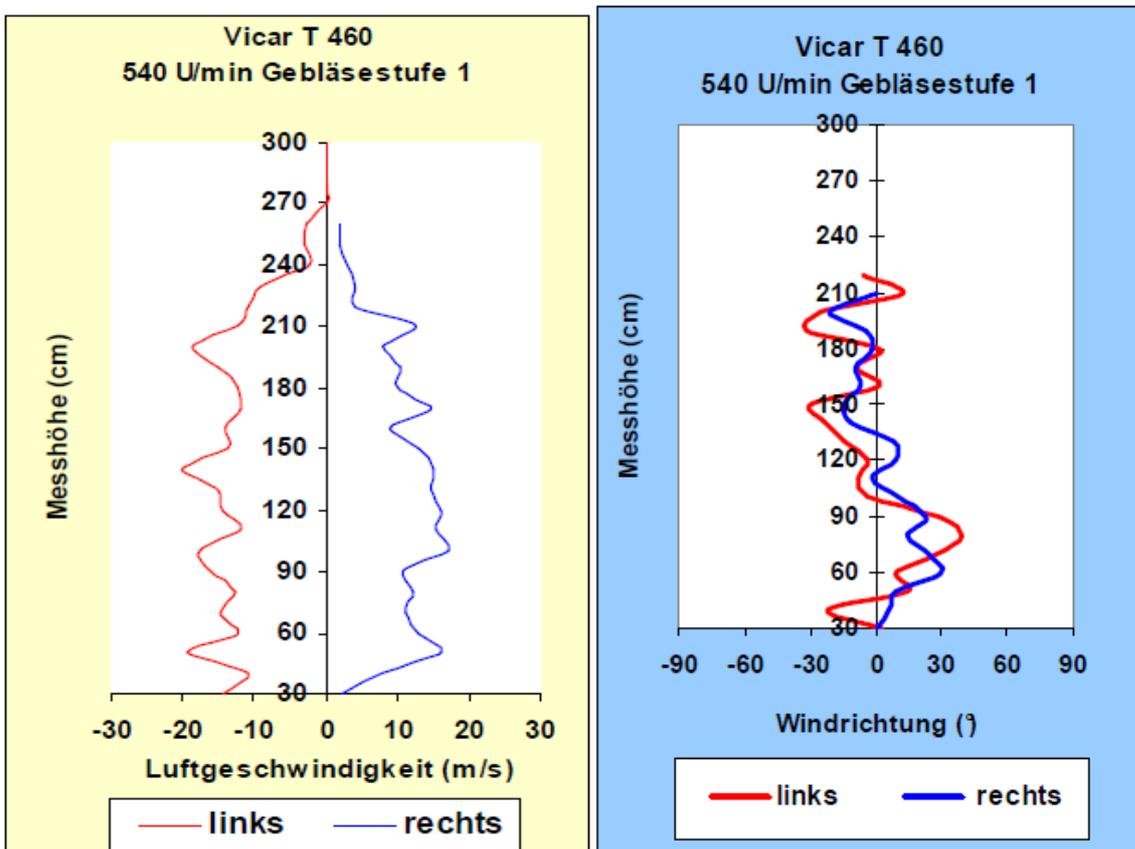


Abb.24: Strömungsprofil des dreifährigen Radialgebläses der Firma Vicar

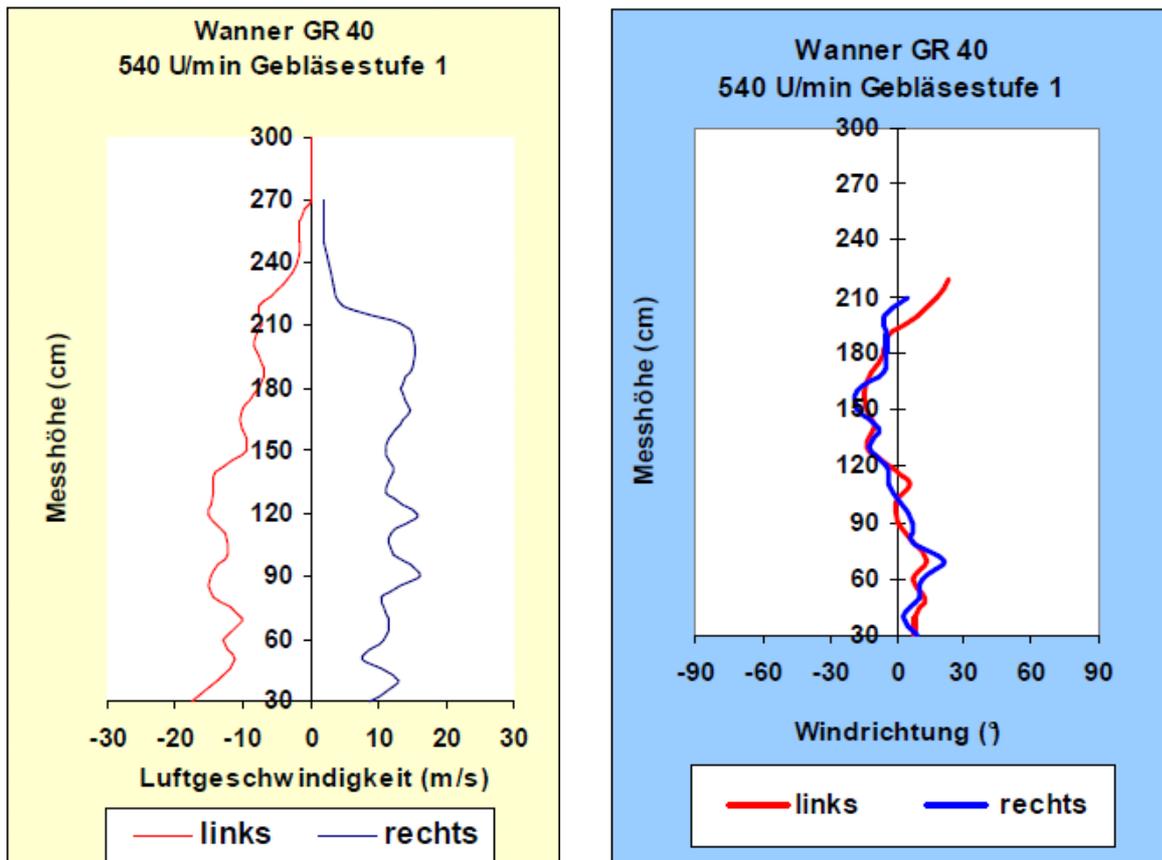


Abb.25: Strömungsprofil des dreifächrigen Radialgebläses der Firma Wanner

Radialgebläse mit speziellem Luftverteilungssystem (Abb. 26)

Diese Gebläsebauart verfügt über ein Luftstromprofil, das dem von Tangentialgebläsen in keinsten Weise nachsteht. Das Gebläse konnte durch eine über die gesamte Laubwandhöhe sehr gleichmäßige Luftverteilung und die die nahezu horizontale Strömungsrichtung überzeugen. Auf Grund der geringen Luftleistung ist jedoch eine Überarbeitung durch den Hersteller Voraussetzung für den Einsatz in den hierzulande verbreiteten Anbausystemen.

Diffusor-Radialgebläse (Abb. 27)

Das Diffusor-Radialgebläse erzeugt ein Luftstromprofil von vergleichbarer Qualität bei ausreichend hoher Luftleistung. Damit ist es in der Luftstromgeometrie insgesamt vergleichbar uneingeschränkt vergleichbar mit der standardmäßigen Ausführung des Tangentialgebläses.

Luftstromgeometrie

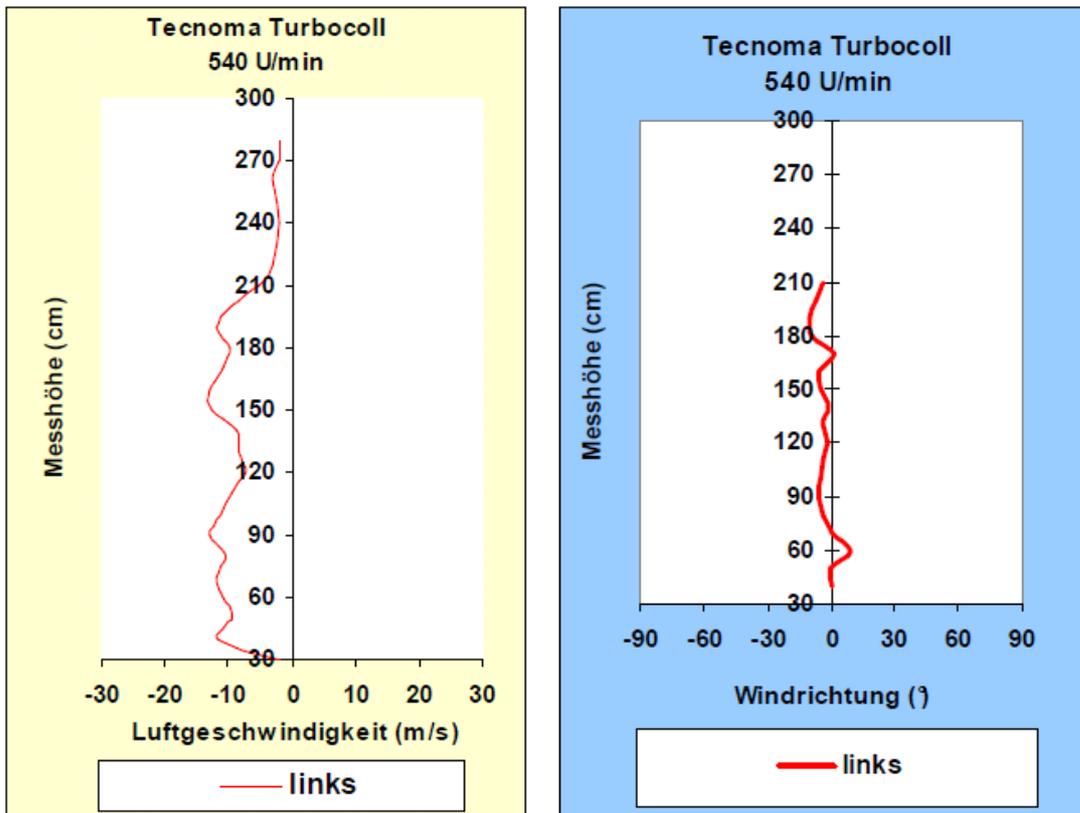


Abb.26: Strömungsprofil eines Radialgebläses mit speziellem Luftverteilungssystem

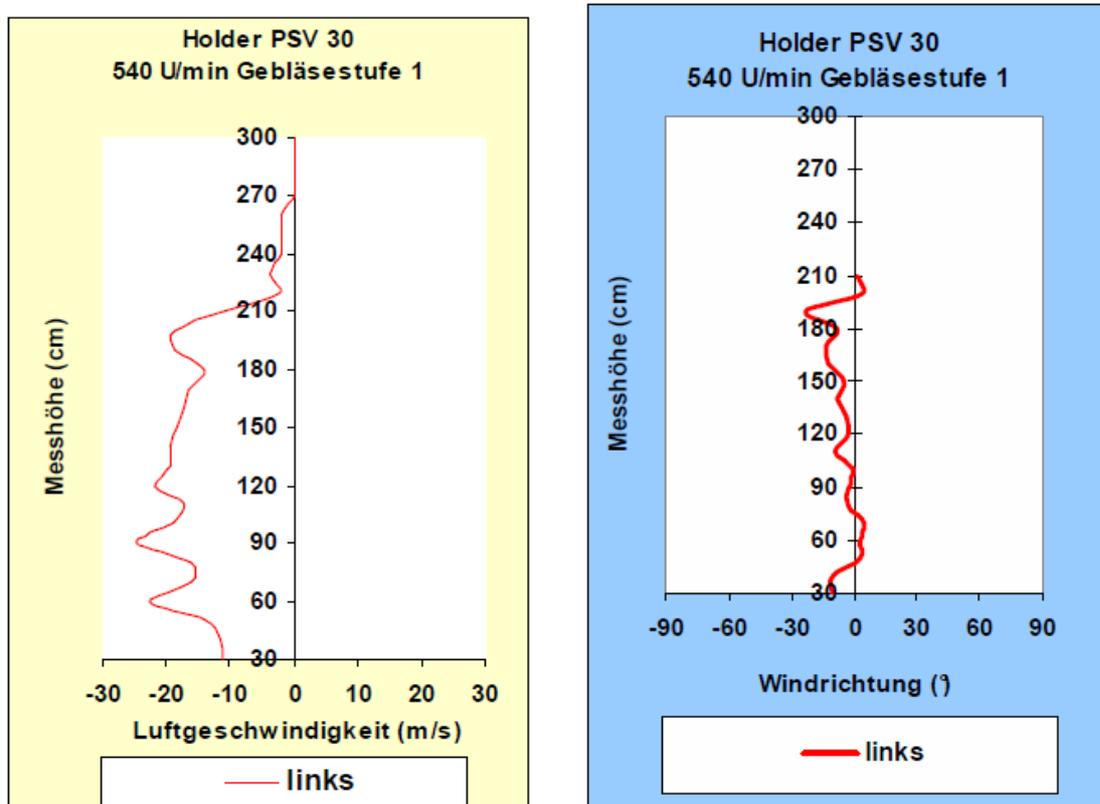


Abb.27: Strömungsprofil des Diffusor-Radialgebläses

Tangentialgebläsegebläse (Abb. 28)

Das QU 14 von Holder präsentiert sich mit hoher Homogenität im Luftstromprofilen der für Tangentialgebläse typischen Weise. Diese Homogenität wird lediglich durch Hindernisse im Luftstrom, wie die innen liegenden Düsenstationen und Quergestänge, gestört. Bei der aktuellen Baureihe des QU 14, die für die Luftmessungen leider nicht zur Verfügung stand, wurden diese Anomalien durch Verlegen der Düsenstationen nach außen bereits abgestellt. Beim geteilten Tangentialgebläse stehen die Messungen, wie oben bereits bemerkt, noch aus.

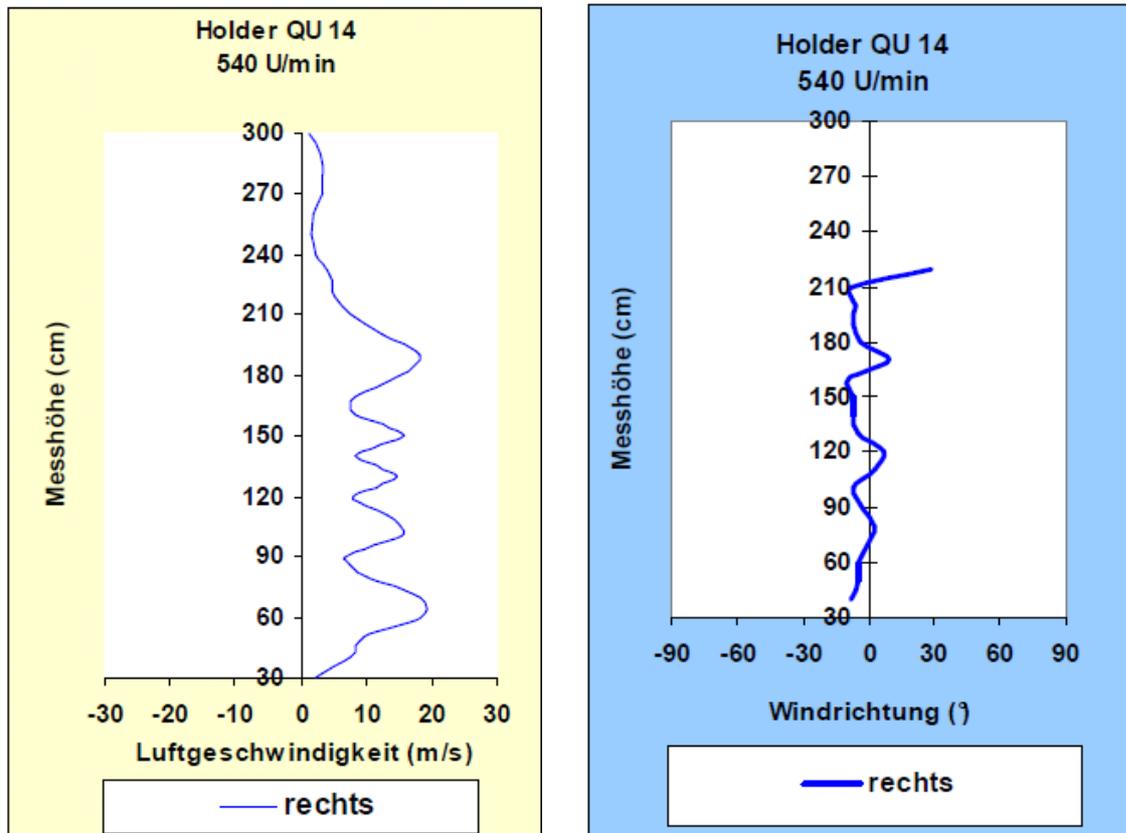


Abb.28: Strömungsprofil eines Tangentialgebläses mit innen liegenden Düsenstationen

3.2.3 Luftmengenverteilung

Die Luftmengenverteilung gibt den eigentlichen Aufschluss über die Leistungsfähigkeit eines Gebläses. Zur Berechnung des Luftvolumens wird der gesamte Höhenbereich bis 3,00 m in Messfenster von 10 cm Höhe und 80 cm Breite unterteilt. Die Luftmenge, die ein solches Messfenster durchströmt, errechnet sich aus der gemittelten Luftgeschwindigkeit und dem Querschnitt der durchströmten Messfläche. Die so erhaltenen Werte werden aufsummiert und bilden das Gesamtluftvolumen einer Teilbreite in m^3/h . Da das erzeugte Luftvolumen jedoch nur im Bereich des Zielobjektes von 0,50 cm bis 2,00 m relevant ist, wird dieser Abschnitt des Gesamtausstoßes als „nutzbares Luftvolumen“ betrachtet. Wird das nutzbare Luftvolumen zum gesamten Luftvolumen in Relation gesetzt, ergibt dies den teilflächenspezifischen Effizienzfaktor. Er beschreibt also den Anteil des nutzbaren Luftstromes am Gesamtluftstrom und wird zweckmäßigerweise eine Teilbreite bezogen.

Luftstromgeometrie

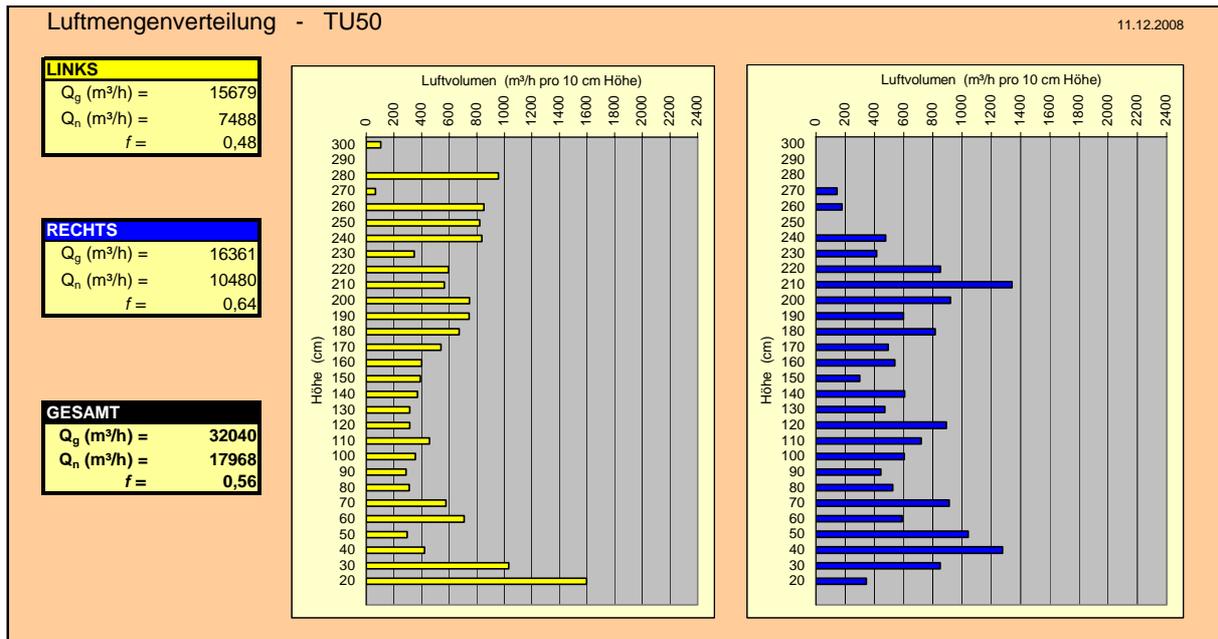


Abb.29: Luftstromvolumen beim offenen Axialgebläse

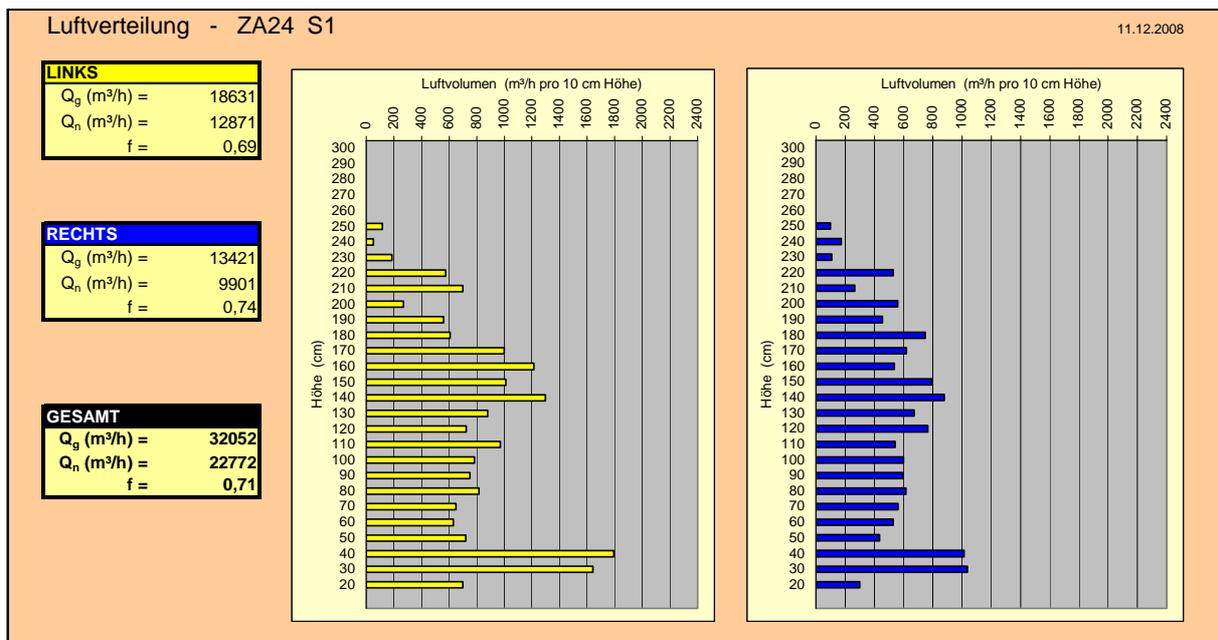


Abb.30: Luftstromvolumen beim modernen Axialgebläse (Schaltstufe I)

Das offene Axialgebläse zeigt erhebliche Unterschiede im Luftvolumen und dessen Verteilung zwischen beiden Seiten. Demzufolge unterscheiden bestehen auch erhebliche Unterschiede im Effizienzfaktor beider Teilbreiten. Insgesamt schneidet diese, inzwischen nicht mehr zeitgemäße Gebläsebauweise mit einem nutzbaren Luftvolumenanteil von nur 56 %, mit Abstand am schlechtesten ab. Das moderne Axialgebläse bewegt in Schaltstufe I etwa das gleiche Gesamtluftvolumen. Bei einem nutzbaren Volumenanteil von über 70 % schneidet es bei deutlich besserer Vertikalverteilung des Luftvolumens jedoch wesentlich besser ab. In Schaltstufe II bringt es diese Gebläsebauart sogar auf einen nutzbaren Volumenanteil von 75 %.

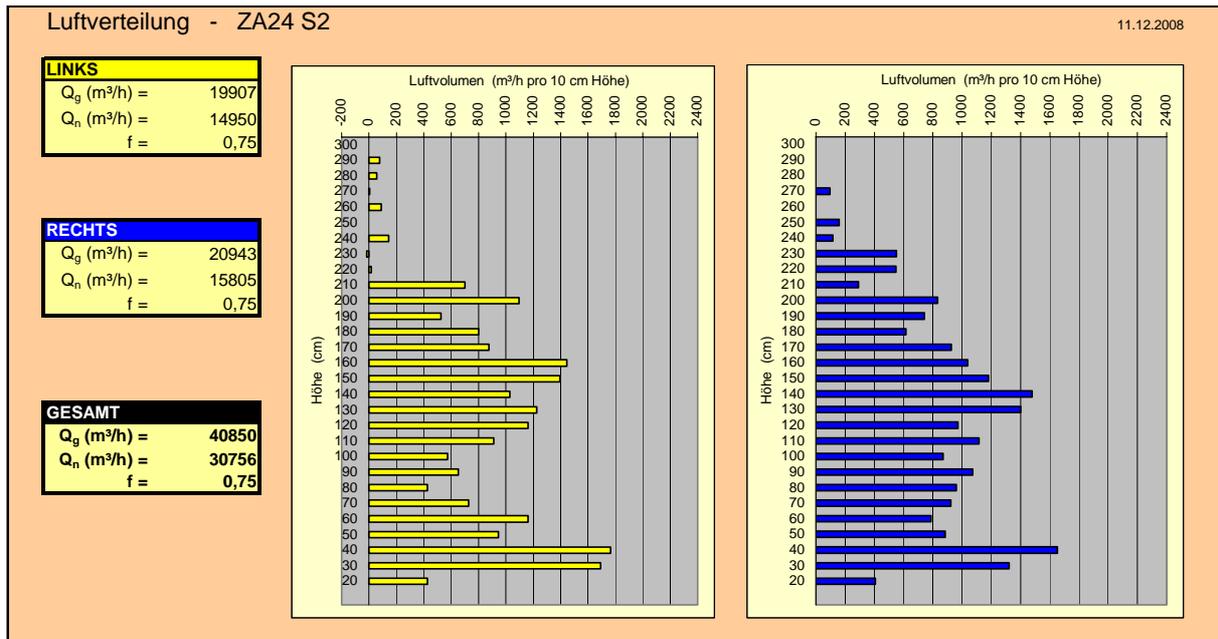


Abb.31: Luftstromvolumen beim modernen Axialgebläse (Schaltstufe II)

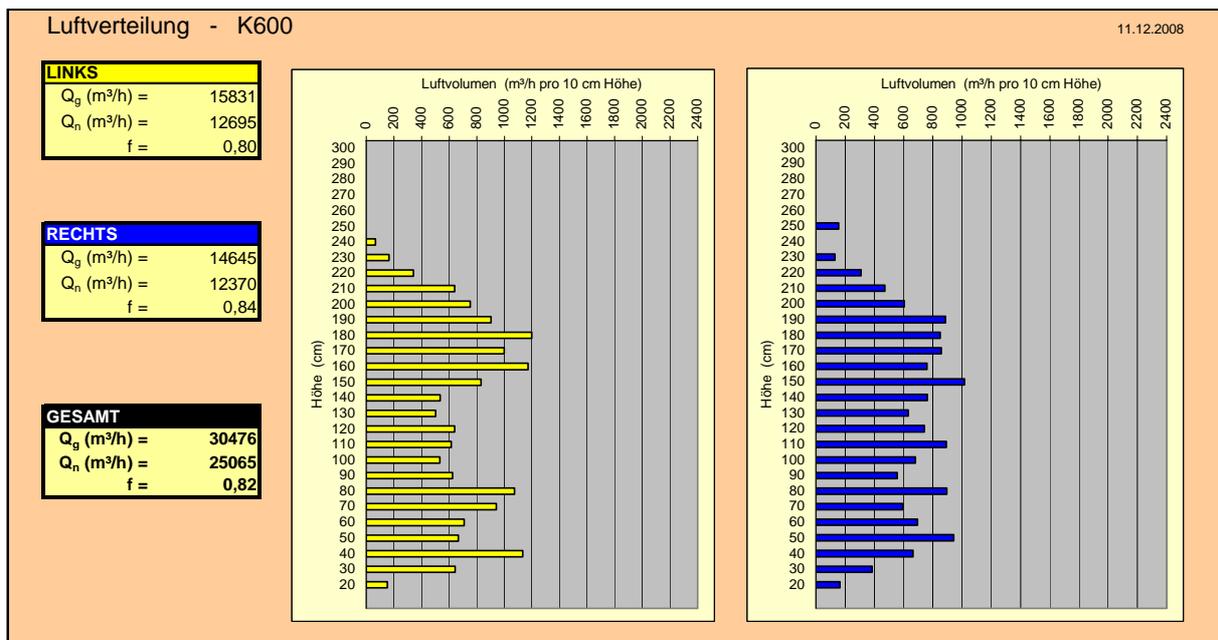


Abb.32: Luftstromvolumen beim Doppelaxialgebläse

Das Doppelaxialgebläse wartet mit einem nutzbaren Volumenanteil von 82 % zusätzlich mit einer besseren Teilbreitensymmetrie und einer noch etwas günstigeren vertikalen Luftverteilung auf. Voraussetzung dafür ist jedoch der Einbau des bereits erwähnten zusätzlichen Leitbleches zur Begrenzung des Luftaustrages an der oberen Laubwandgrenze.

Luftstromgeometrie

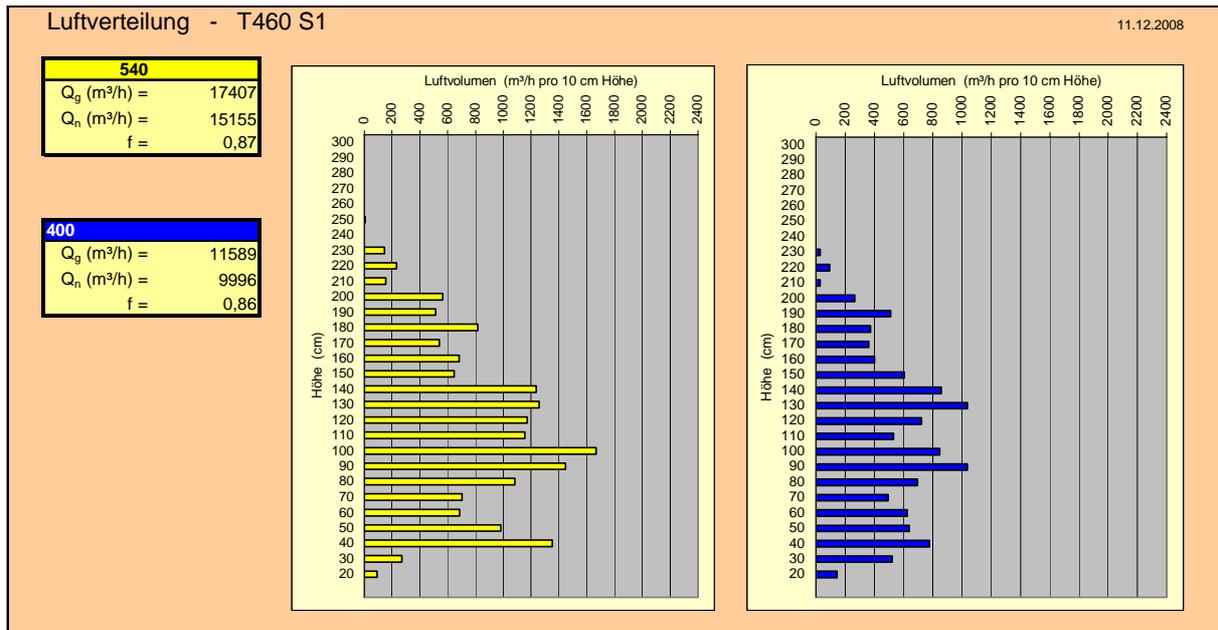


Abb.33: Luftstromvolumen beim dreifährigen Radialgebläse in Schaltstufe I (T 460)

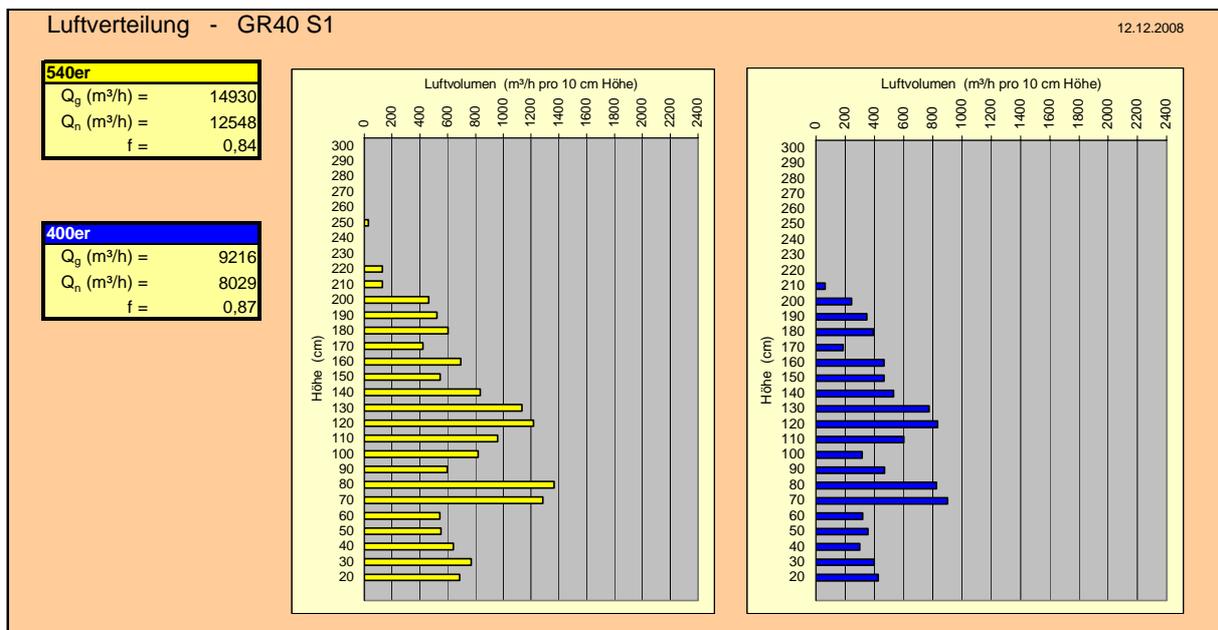


Abb.34: Luftstromvolumen beim dreifährigen Radialgebläse in Schaltstufe I (GR 40)

Bei den dreifährigen Radialgebläsen liegt der nutzbare Volumenanteil durchweg über 85 %. Darüber hinaus wartet der Gebläsetyp T 460 bei Standardzapfwellendrehzahl mit einer nahezu idealen Verteilung des Luftvolumens auf. Der Typ GR 40 wird künftig in einer überarbeiteten Ausführung angeboten.

Die Gerätevarianten mit alternativen Luftverteilungssystemen ermöglichen eine weitere Steigerung des nutzbaren Luftvolumens. Der Typ Turbocoll bringt es bereits auf eine Effizienz von nahezu 90 %, wofür die exakte Abgrenzung des Luftstromes an der oberen und unteren Laubwandgrenze den ausschlaggebenden Grund liefert. Das Diffusor-Radialgebläse bewegt sich mit 91 % in der gleichen Größenordnung.

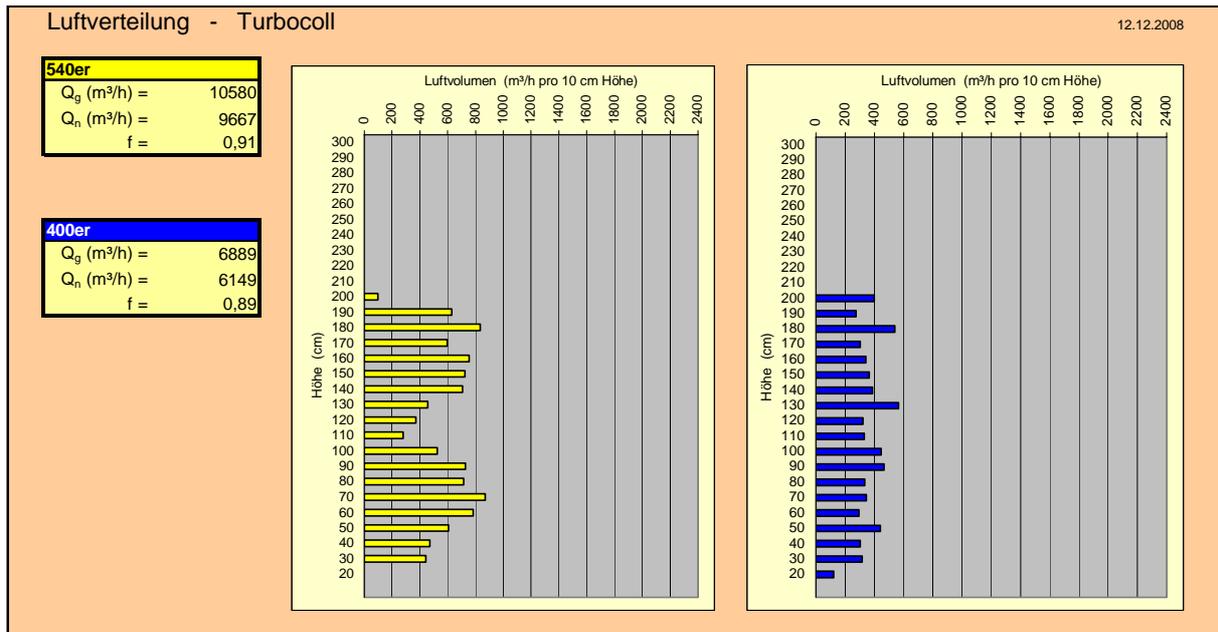


Abb.35: Luftstromvolumen beim Radialgebläse mit alternativem Luftverteilungssystem

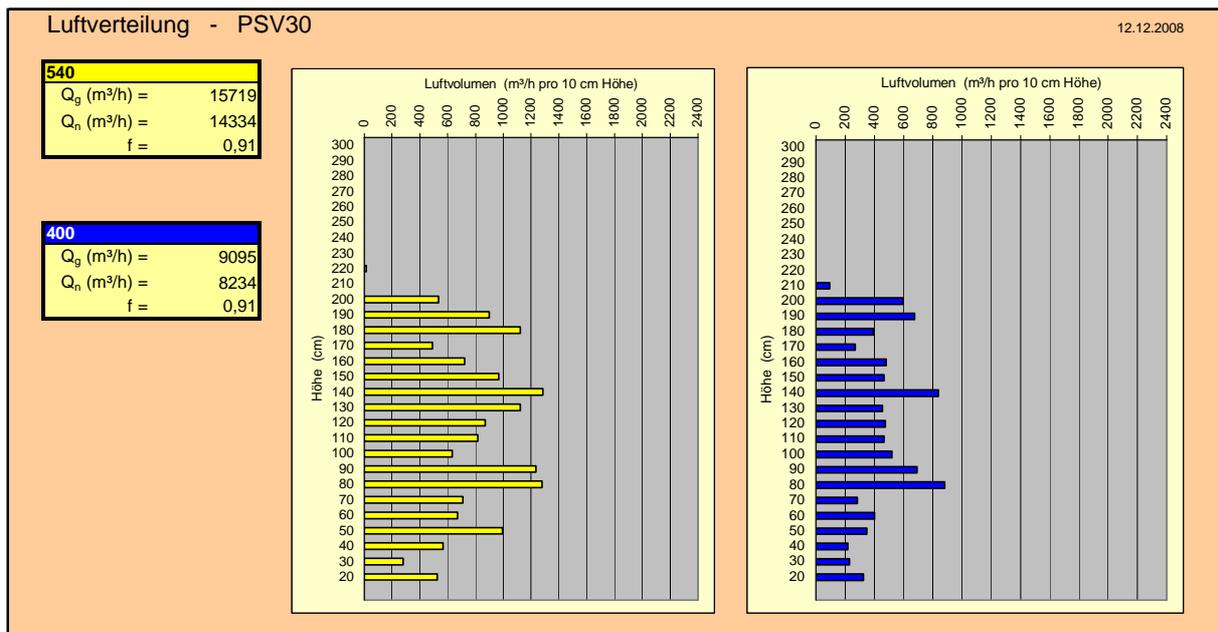


Abb.36: Luftstromvolumen beim Diffusor-Radialgebläse

Bei einer sehr gleichmäßigen Vertikalverteilung des Luftvolumens schneiden Tangentialgebläse auch hinsichtlich des nutzbaren Luftvolumens am besten ab. Der Effizienzfaktor von knapp 95 % beim Standard-Tangentialgebläse wird bei geteiltem Tangentialgebläse mit gekippten Sektoren mit 97 % noch um 2 Prozentpunkte übertroffen. Da nahezu der gesamte Luftstrom auf die Laubwand ausgerichtet ist, arbeitet dieses Gebläse nahezu verlustfrei. Zu dieser beachtlichen Leistung dürfte auch die Möglichkeit der separaten Drehzahlregelung beider Sektoren einen wichtigen Beitrag leisten.

Luftstromgeometrie

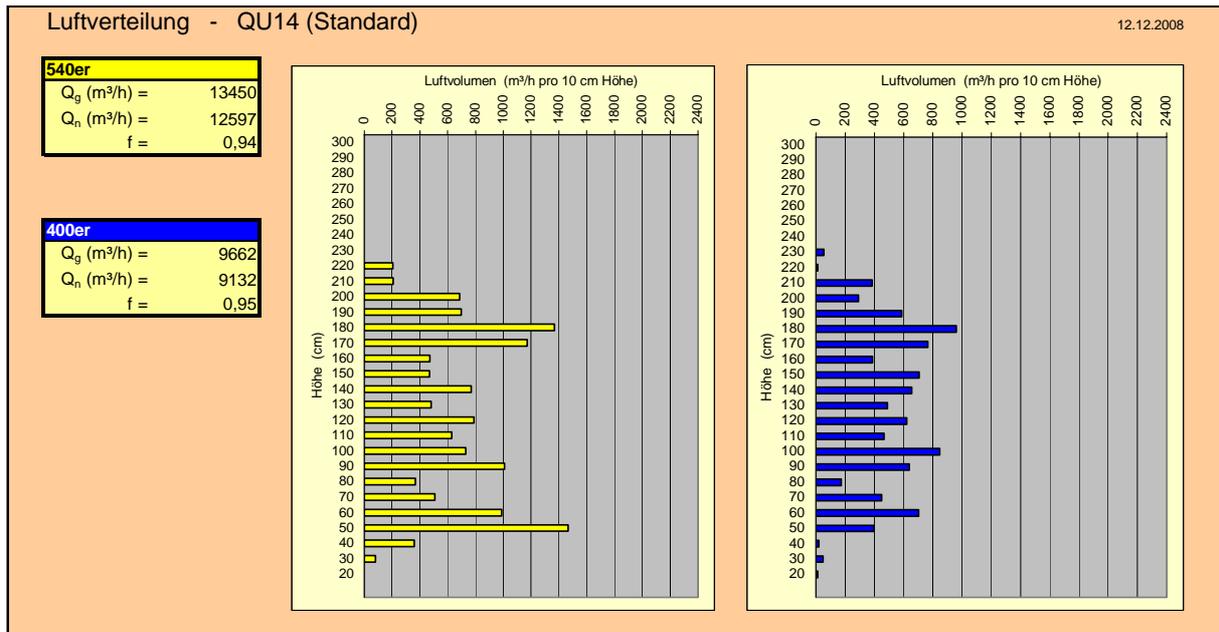


Abb.37: Luftstromvolumen beim Tangentialgebläse

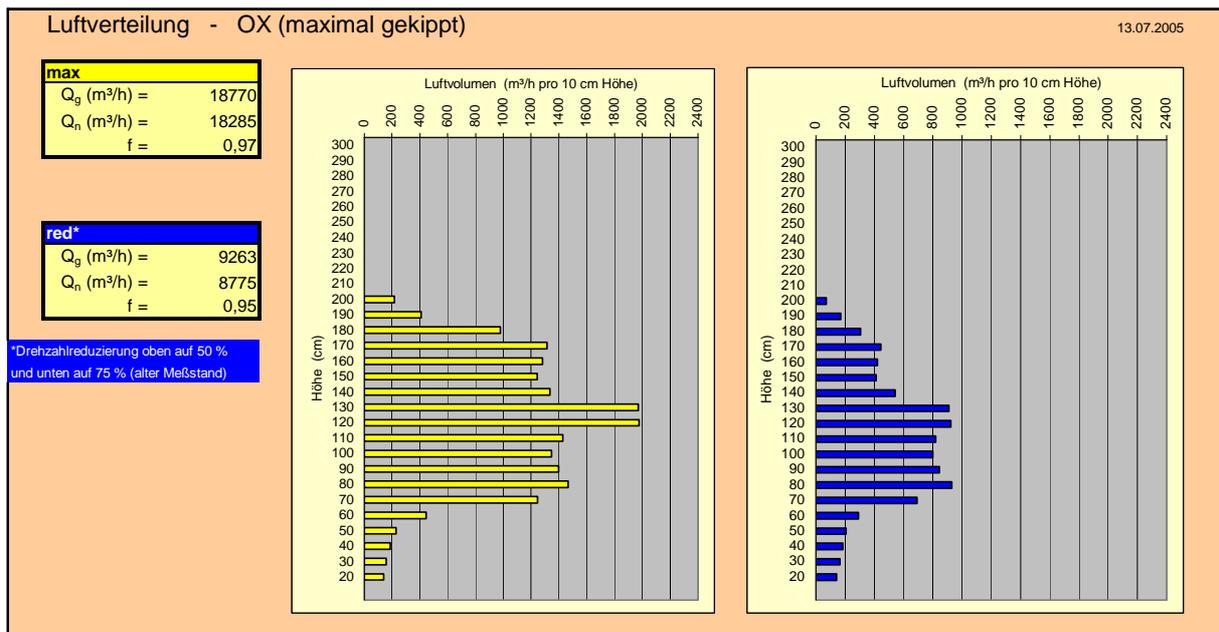


Abb.38: Luftstromvolumen beim geteilten Tangentialgebläse

4 Vertikalverteilung

Während die Luftstromgeometrie weitgehend von der Gebläsebauart abhängt und von Anwender nur sehr begrenzt zu beeinflussen ist, kann die Vertikalverteilung durch entsprechende Konfektionierung des Düsenverbandes bei den meisten Gebläsebauarten in nahezu beliebiger Weise variiert werden. Da sich über die Vertikalverteilung also direkt Einfluss auf die Applikationsqualität und den Behandlungserfolg nehmen lässt und da ein unmittelbarer Zusammenhang zur Wirkstoffmengendosierung besteht, nimmt sie bei der Diskussion zukunftsfähiger Dosiermodelle eine Schlüsselposition ein. Welches Verteilungsprofil dabei letztendlich anzustreben ist, lässt sich angesichts der immer häufiger praktizierten Laubwandkorrekturen, wie der Entblätterung der Traubenzone oder unterschiedlicher Laubschnittpraktiken nicht eindeutig festlegen. Während die immer noch in der Praxis verbreitete Methode, bei der die Traubenzone bevorzugt wird, mehr oder weniger auf eine Dreiecksverteilung mit einer zur Gipfelzone hin abnehmenden Brühemenge hinausläuft, scheint bei entblätterter Traubenzone eher ein Rechteckverteilung angebracht zu sein. Auf die diesbezüglichen Anforderungen an das Verteilungsprofil wird in Teil 2 noch ausführlicher eingegangen. Aus der Sicht der rein technischen Bewertung der Gebläsebauarten sollte deshalb in jedem Falle eine Rechteckverteilung möglich sein. Gewünschte Abweichungen davon sind durch entsprechende Konfektionierung des Düsenverbandes bei den meisten Gebläsebauarten problemlos möglich.

Um den Einfluss der Luftstromgeometrie auf die Vertikalverteilung zu veranschaulichen, wurden alle Gebläsevarianten zunächst mit einheitlichem Düsenkaliber an allen Düsenstationen untersucht. Die Untersuchung speziell konfektionierter Düsenverbände beschränkte sich auf einzelne Gebläsevarianten mit eher problematisch erscheinender Luftstromgeometrie.

4.1 Meßmethode

Vor der Vertikalverteilungsmessung wurden die Testgeräte einer exakten Gerätekalibrierung unterzogen, um auszuschließen, dass das Verteilungsprofil durch fehlerhafte Düsen beeinträchtigt wird. Das Auslitern der Düsen erfolgte mit einem Einzeldüsenprüfstand vom Typ ED 16 der Fa. Herbst, wie er auch im Rahmen der amtlichen Gerätekontrolle zum Einsatz kommt (Abb. 39). Der Prüfstand ist mit insgesamt sechzehn Schläuchen ausgestattet, die mit Adaptern an den einzelnen Düsen angeschlossen werden (Abb. 40). Die Flüssigkeit jeder Düse gelangt in einem Messzylinder dessen Füllstandshöhe von einem Ultraschallsensor abgetastet wird. Am Ende der Messung wird die Füllstandshöhe über Funk auf den Rechner übertragen, wo für jede Düsenstation die Ausstoßmenge errechnet und mit dem Sollwert des betreffenden Düsentyps verglichen wird. Da dieses Messprogramm mit dem zur Verrechnung der Vertikalverteilung korrespondiert, können die Messwerte direkt in die Berechnung der Vertikalverteilung einfließen.

Zur Messung der Vertikalverteilung wurde ein Messstand der neusten Generation angeschafft, bei dessen Entwicklung durch die Firma Herbst durch den Projektinhaber entscheidend Einfluss genommen werden konnte (Abb. 40).

Vertikalverteilung



Abb.39: Einzeldüsenprüfstand



Abb. 40: Anschlussadapter



Abb.41: Messung der Vertikalverteilung



Abb.42: Vertikalverteilungsmessstand, Messeinheit

Der Aufbau besteht aus einem Rahmen, in den horizontal angeordnete, leicht schräg gestellte Abscheideprofile im Abstand von 33 bzw. 25 mm eingeschweißt sind. Über diese Profile wird die Flüssigkeit aufgefangen und fließt durch das Gefälle ab. Es werden je 3 bzw. 4 Profile in einem Ablaufkanal zusammengefasst und über Schläuche zu der Messeinheit geleitet. Der Messstand ist komplett aus Edelstahl gefertigt. So wird eine hohe Stabilität gewährleistet, die dem Luftstrom der Gebläsespritzen standhält. Dies stellt einen entscheidenden Vorteil gegenüber Vorgängermodellen dar, bei denen die Abscheideprofile aus Kunststoff bestanden. Durch die Schrägstellung der Abscheidelamellen ist eine kontinuierliche Messung ohne Unterbrechung des Wasserflusses möglich. Durch die Konstruktion in Modulbauweise, kann der Prüfstand in der Höhe optimal an die zu prüfenden Geräten angepasst werden. Die verwendete Ausführung ist standardmäßig mit sechs Modulen ausgestattet und deckt einen Messbereich von drei Metern in der Höhe ab. Die Messauflösung beträgt konstruktionsbedingt 10 cm. Der Aufbau der Auswerteinheit (Abb. 41) entspricht im Prinzip dem des Einzeldüsenprüfstandes. Die Flüssigkeit wird über die Schläuche in dreißig nebeneinander angeordnete Messzylinder geleitet. Jeder dieser Zylinder entspricht einem Messabschnitt von 10 cm. Die Füllhöhe wird durch Ultraschallsensoren abgetastet und über eine Funkverbindung zum PC übertragen. Dort werden die Daten mit der Prüfsoftware OWFB 1.0 ausgewertet. Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz des Prüfstandes ist, dass die einzelnen Düsen zuvor auf die korrekte Ausstoßmenge überprüft wurden. Da die Software in der Lage ist, auf die Messdaten des Einzeldüsenprüfstandes zurückzugreifen, ist diese Voraussetzung erfüllt.

Für die Versuchsdurchführung wurde eine Zeilenbreite von zwei Metern unterstellt. Demzufolge wurden die Gebläsespritzen so positioniert dass der Abstand zwischen Messstand und Gerätemitte exakt ein Meter betrug. Da der Messstand bauartbedingt erst Flüssigkeit ab einer Höhe von 30 cm auffangen kann, wurden die Geräte auf eine Rampe gefahren. Sie wurden so positioniert, dass die unterste Düse auf eine Höhe von 70 cm gelangte. Die Messungen wurden jeweils mit zwei verschiedenen Düsensätzen (Hohlkegel-Standarddüse und Flachstrahl-Injektordüse) durchgeführt. Der Druck betrug bei allen Einstellungen 10 bar. Außerdem wurden unterschiedlich Gebläsedrehzahlen berücksichtigt. Die beiden Teilbreiten wurden nacheinander gemessen.

4.2 Ergebnisse

Da die Darstellung sämtlicher Ergebnisse den hier vorgesehenen Rahmen sprengen würde beschränkt sich der Ergebnisteil auf Messungen mit Injektor-Flachstrahldüsen einer aktuellen Bauart. Bei allen Messungen kam der Typ AVI 8002 zum Einsatz, die im Weinbau unter den Abtrift mindernden Düsentypen am weitesten verbreitet sein dürfte.

4.2.1 Axialgebläse

Beim offenen Axialgebläse, einem Vertreter der ersten Axialgebläsegeneration, die inzwischen von den namhaften Herstellern im deutschen Weinbau nicht mehr angeboten wird, treten die offensichtlichen Nachteile dieser Gebläsebauart sehr deutlich zu Tage (Abb. 43 und 44). Abgesehen von der Asymmetrie beider Teilbreiten stellt die kaum mögliche Abgrenzung des Sprühstrahls im Gipfelzonenbereich das Hauptproblem dar. Sowohl bei niedriger als auch bei hoher Gebläsedrehzahl ist mit einem erheblichem Wirkstoffaustrag und damit mit ein unverträglich hohem Abtriftpotenzial zu rechnen. Auch scheint die Annäherung an eine Rechteckverteilung durch entsprechende Konfektionierung des Düsenverbandes hier kaum möglich zu sein, da die hierzu erforderlichen größeren Düsenkaliber im oberen Bereich zu einer weiteren Verschärfung des Abtriftproblems führen würden.

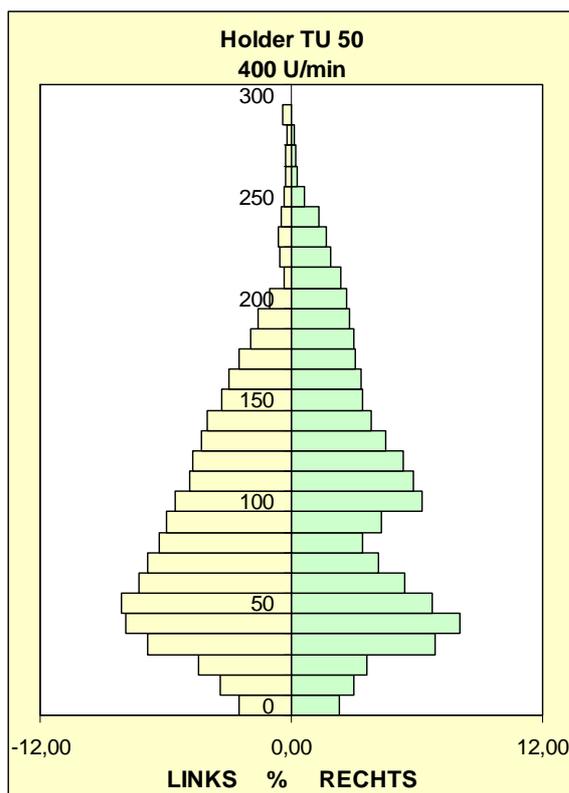


Abb.43: Vertikalverteilung beim offenen Axialgebläse (niedrige Drehzahl)

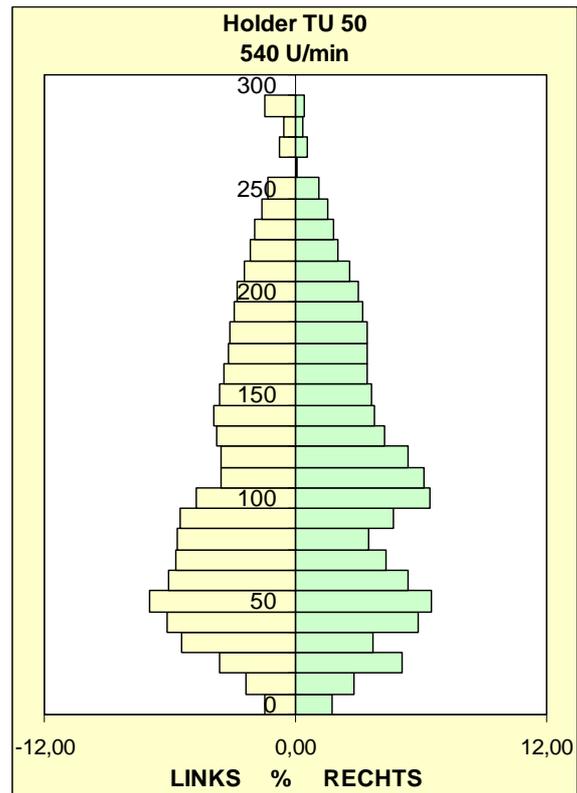


Abb.44: Vertikalverteilung beim offenen Axialgebläse (hohe Drehzahl)

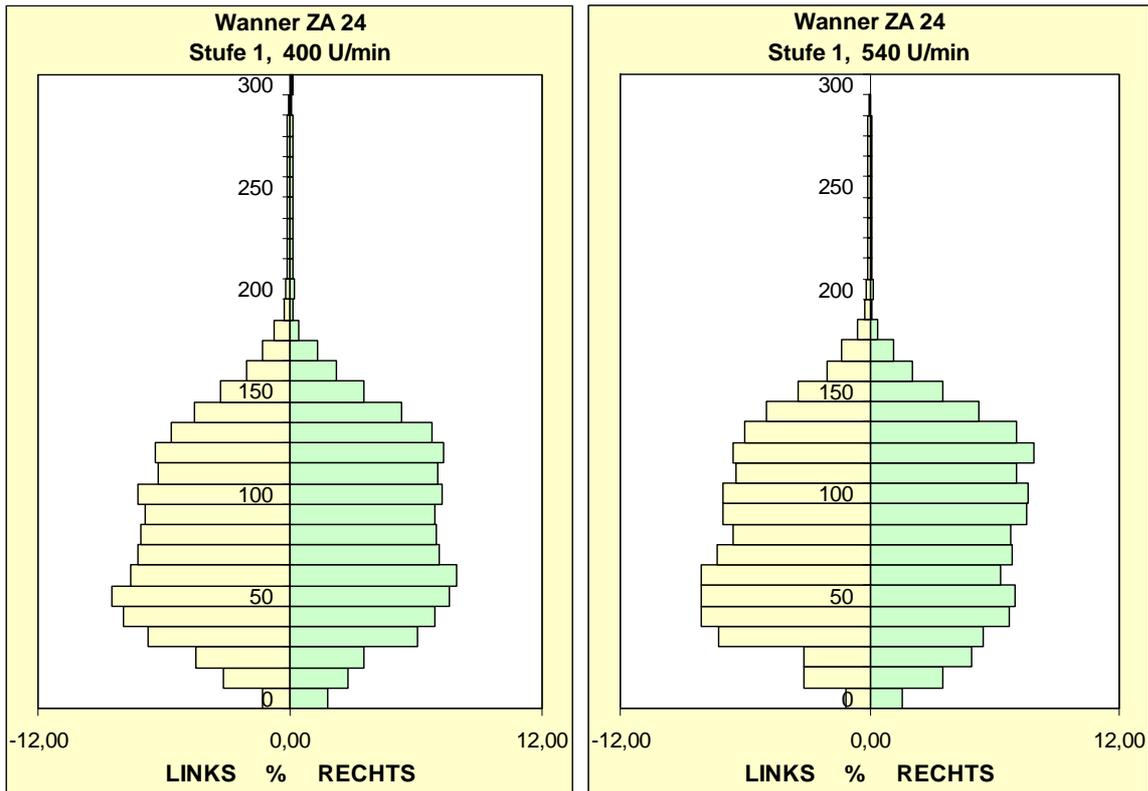


Abb.45 u. 46: Vertikalverteilung beim geschlossenen Axialgebläse Stufe 1, (Abb. 45 links: niedrige Drehzahl; Abb. 46 rechts: hohe Drehzahl)

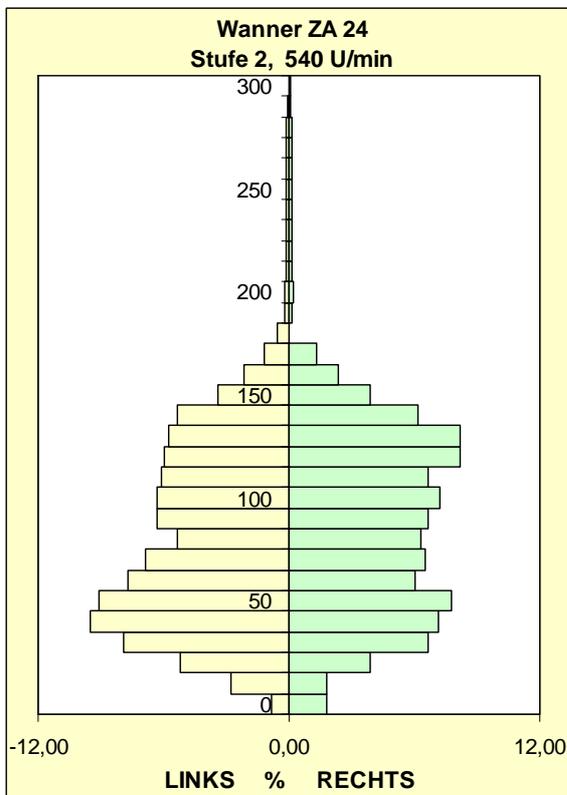


Abb.47: Vertikalverteilung beim geschlossenen Axialgebläse (Stufe 2, hohe Drehzahl)

Vertikalverteilung

Das moderne Axialgebläse mit geschossenem Luftleitsystem präsentiert sich wesentlich zeitgemäßer (Abb. 45, 46 und 47). Zwar ist auch bei diesem Gebläsetyp das Problem mit der Teilbreitensymmetrie, insbesondere im höheren Drehzahlbereich noch existent, hinsichtlich der Vertikalverteilung wurde mit dem Luftleitsystem jedoch ein deutlicher Fortschritt erzielt. Dabei kommt insbesondere die Möglichkeit der vergleichsweise exakten Sprühstrahlbegrenzung auf die obere Laubwandgrenze der Abtriftminderung sehr entgegen. Das Verteilungsprofil nähert sich schon sehr weit einer Rechteckverteilung an und kann im Bedarfsfalle durch entsprechende Konfektionierung des Düsenverbandes veränderten Laubwandbedingungen angepasst werden, ohne dass dabei das Abtriftpotenzial erhöht wird. Damit entspricht dieser Gebläsetyp in jeder Hinsicht den Anforderungen des modernen Weinbaues.

Auch das Doppelaxialgebläse konnte in dieser Hinsicht durchaus überzeugen (Abb. 48, 49 und 50), obwohl der untersuchte Typ, zumindest in der zweiten Schaltstufe für Normalanlagen im Weinbau leicht überdimensioniert sein dürfte. Konstruktiv bedingt, verfügt diese Bauart über eine hervorragende Teilbreitensymmetrie, die der gegenläufigen Drehrichtung beider Rotoren zu verdanken ist. Die Möglichkeit der sehr scharfen Sprühstrahlbegrenzung schafft auch bei dieser Gebläsebauart die Voraussetzung zur Erzeugung einer Rechteckverteilung oder einer der Laubwandcharakteristik entsprechenden Vertikalverteilung durch Bestückung einzelner Düsenstationen mit entsprechenden Düsenkalibern. Der einzige Nachteil besteht darin, dass sich im höheren Drehzahlbereich die Sprühstrahlgrenze im Bereich der Gipfelzone etwas zu weit nach unten verlagert. Hier könnte unter Umständen durch Anpassung des für den Einsatz im Weinbau obligatorischen Zusatzleitbleches Abhilfe geschaffen werden.

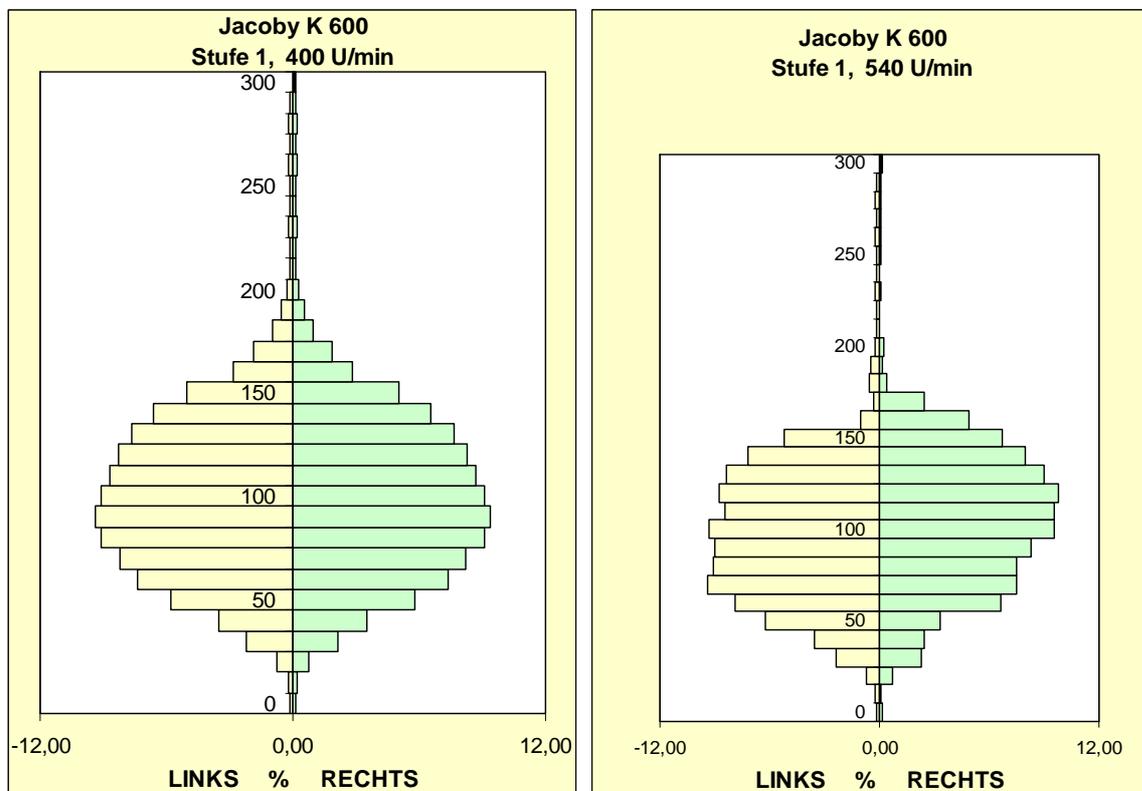


Abb.48 u. 49: Vertikalverteilung beim Doppelaxialgebläse Stufe 1, (Abb. 48 links: niedrige Drehzahl; Abb. 49 rechts: hohe Drehzahl)

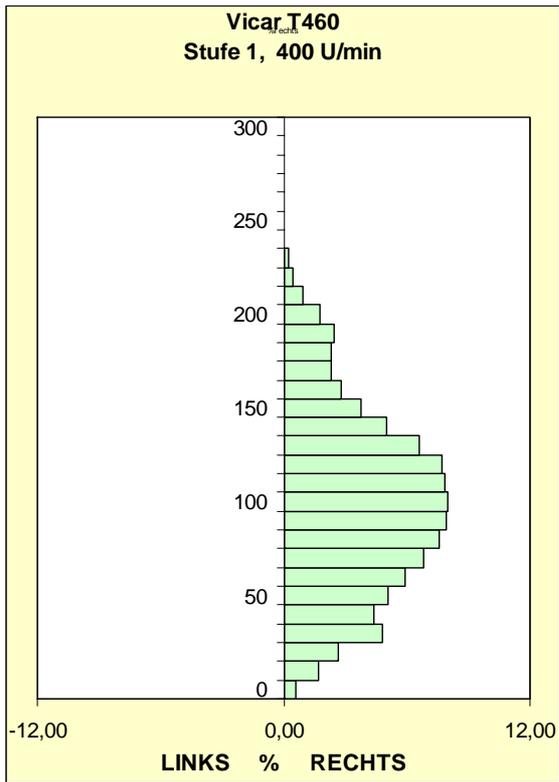


Abb.50: Vertikalverteilung beim Doppelaxialgebläse (Stufe 1, niedrige Drehzahl)

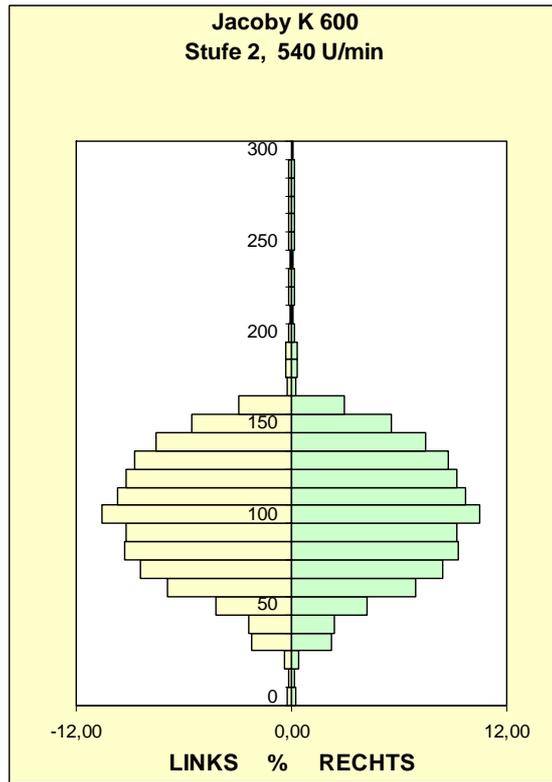


Abb.51: Vertikalverteilung beim Fächerradialgebläse (Stufe 2, hohe Drehzahl)

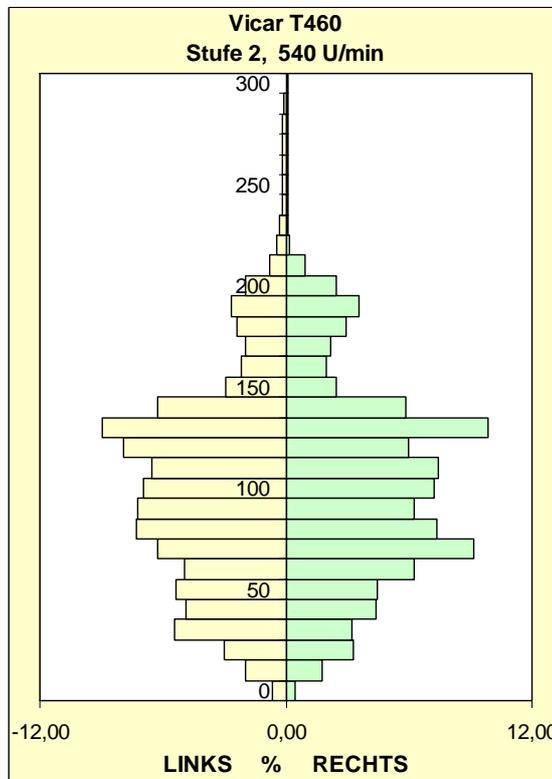
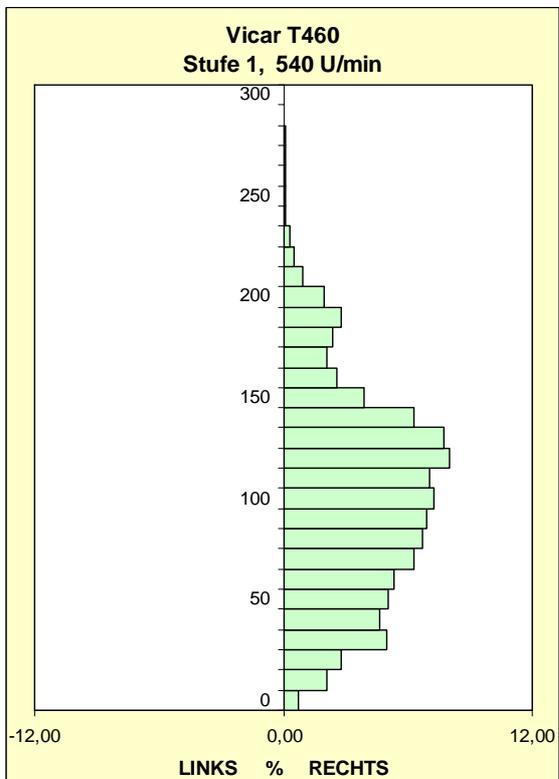


Abb.52 u. 53: Vertikalverteilung beim Fächerradialgebläse hohe Drehzahl, (Abb. 52 links: Stufe 1; Abb. 53 rechts: Stufe 2)

4.2.2 Radialgebläse

Auch das Fächer-Radialgebläse erzeugt bei einheitlicher Düsenbestückung eine bauchige Verteilung (Abb. 51, 52 und 53). Auf Grund der exakten Abgrenzung des Sprühstrahls dürfte jedoch eine Anpassung an unterschiedlichen Laubwandformen über die Konfektionierung des Düsenverbandes ohne Auswirkungen auf das Abtriftverhalten problemlos möglich sein. Die Teilbreitensymmetrie ist bei dieser Gebläsebauart in jedem Falle gewährleistet. Voraussetzung ist jedoch eine exakte Ausrichtung der Fächer, die dem Anwender ein hohes Maß an Feingefühl abverlangt. Ähnliche Ergebnisse wurden mit einem zweiten Typ gleicher Bauart erzielt (Abb. 54, 55 und 56). Der etwas gleichmäßigere Profilverlauf im niedrigeren Drehzahlbereich dürfte weniger durch die Bauart, als durch eine besser geglückte Fächerausrichtung bedingt sein. Im hohen Drehzahlbereich scheint sich mit dieser Einstellung jedoch die Teilbreitensymmetrie etwas zu verschlechtern.

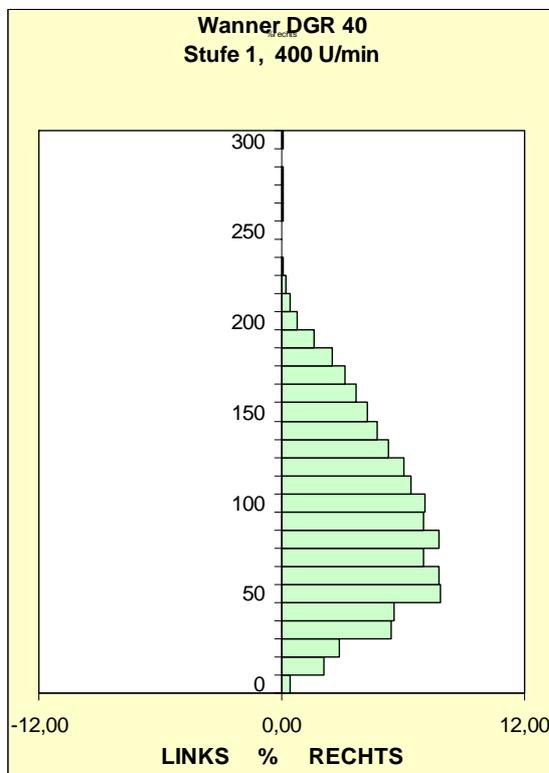


Abb.54: Vertikalverteilung beim Fächer-radialgebläse (Stufe 1, niedere Drehzahl)

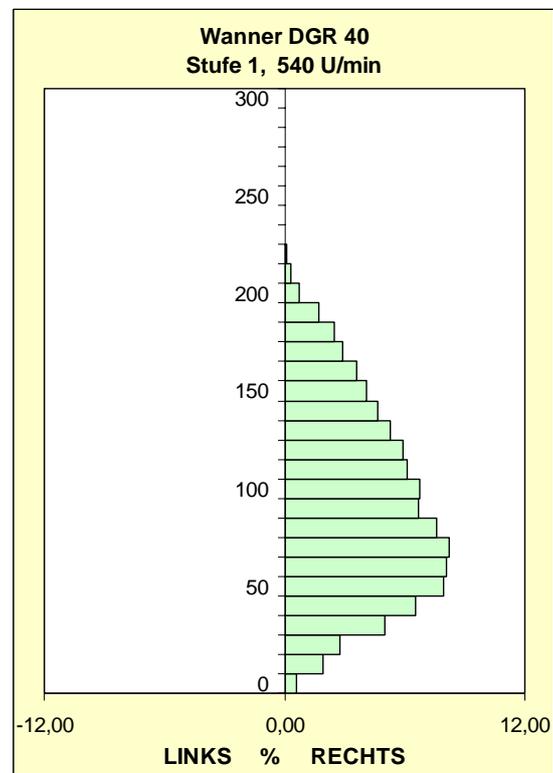


Abb.55: Vertikalverteilung beim Fächer-radialgebläse (Stufe 1, hohe Drehzahl)

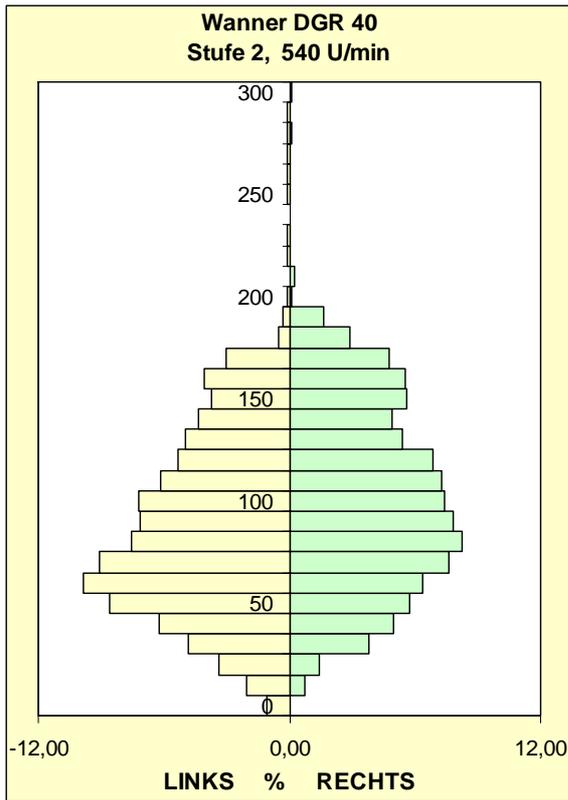


Abb.56: Vertikalverteilung beim Fächerradialgebläse (Stufe 2, hohe Drehzahl)

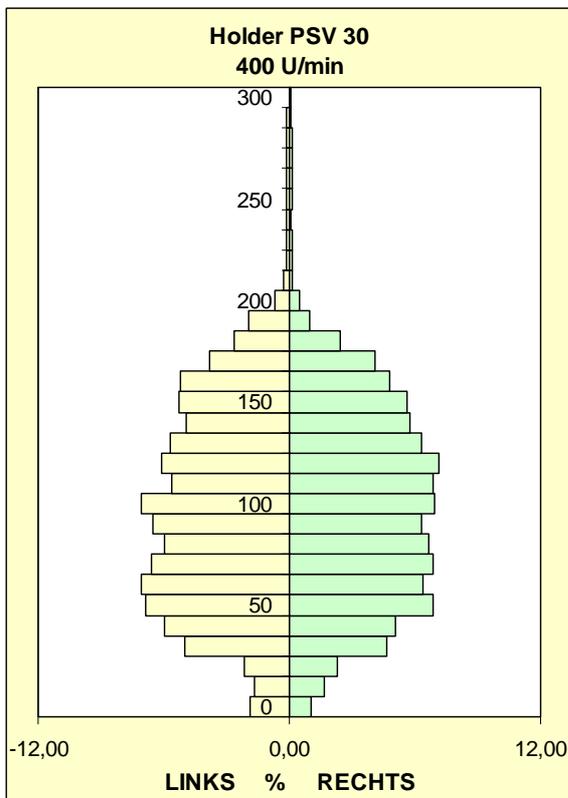


Abb.57: Vertikalverteilung beim Diffusor-Radialgebläse (niedere Drehzahl)

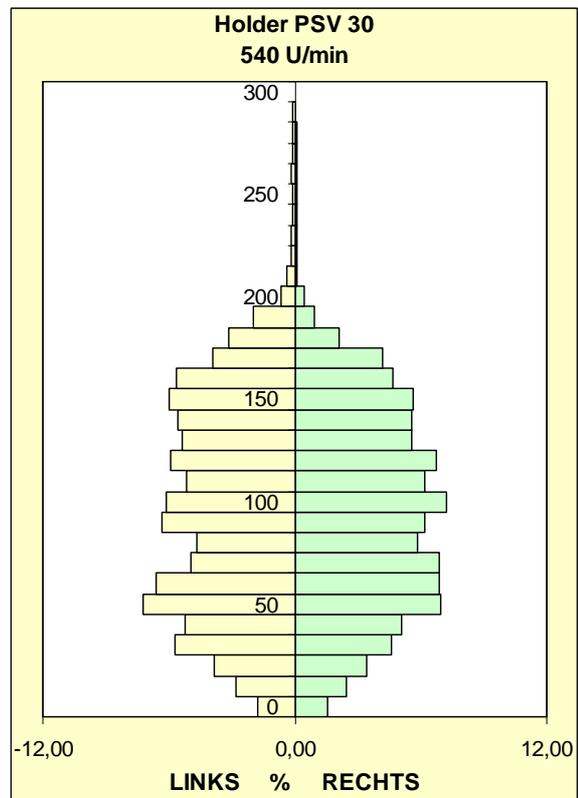


Abb.58: Vertikalverteilung beim Diffusor-Radialgebläse (hohe Drehzahl)

Vertikalverteilung

Das Diffusor-Radialgebläse verfügt als innovative Entwicklung über eine Luftstromgeometrie vergleichbar mit der des Tangentialgebläses. Die dementsprechend hohen Erwartungen an die Vertikalverteilung wurden durchaus erfüllt (Abb. 57 und 58). Bei einheitlicher Düsenbestückung nähert sich die Vertikalverteilung schon sehr stark eine Rechteckverteilung an, wobei durch geringfügige Korrekturen in der Düsenbestückung eine exakte Rechteckverteilung zu erzielen sein dürfte. Auch die Anpassung an alternativen Laubwandformen dürfte ohne großen Aufwand möglich sein.

Über ähnliche Vertikalverteilungseigenschaften verfügt prinzipiell auch das mit einem speziellen Luftverteilungssystem ausgestattete Radialgebläse (Abb. 59 und 60). Auf Grund der zu geringen Luftleistung bedarf dieser Gebläsetyp jedoch noch einer grundlegenden Überarbeitung.

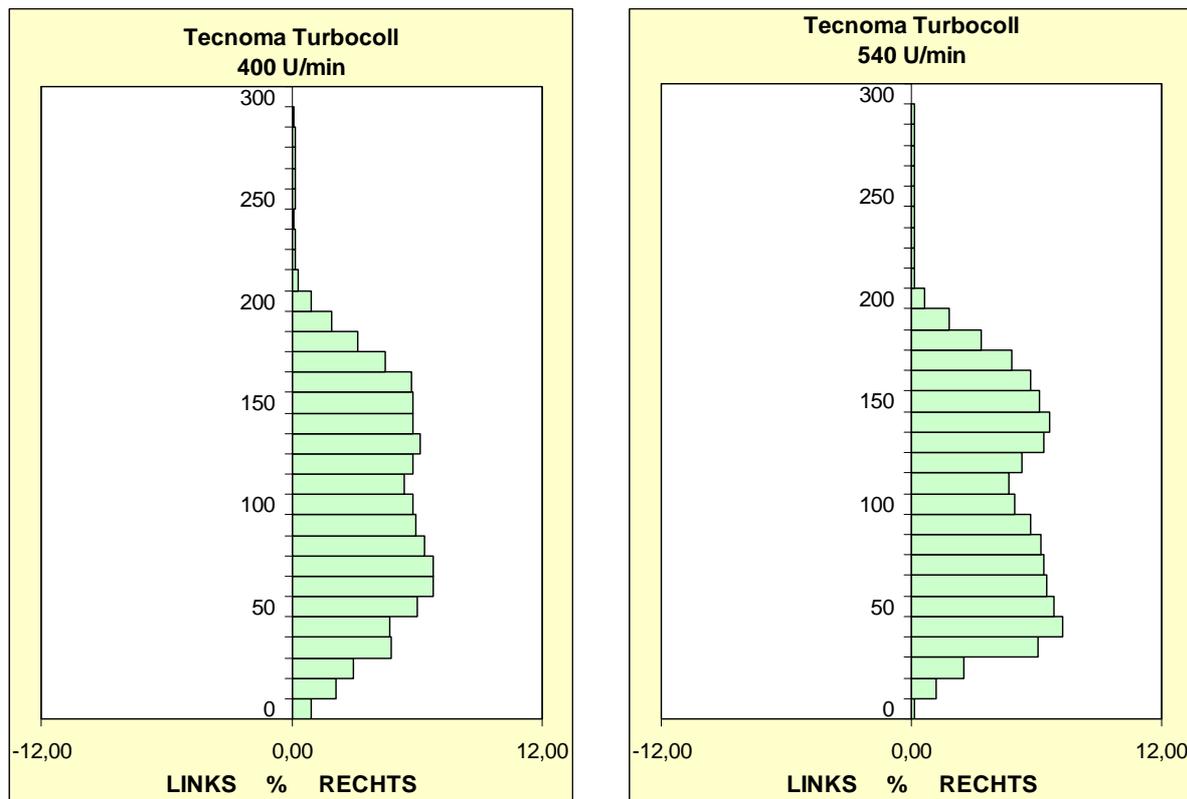


Abb.59 u. 60: Vertikalverteilung beim Radialgebläse Turbocoll, (Abb. 59 links: niedere Drehzahl; Abb. 60 rechts: hohe Drehzahl)

4.2.3 Tangentialgebläse

Den Maßstab in der Vertikalverteilung setzen nach wie vor Tangentialgebläse, womit sich weiterer Kommentar erübrigt. Die Vorteile der Segmentbauweise kommen bei der untersuchten zweigeteilten Version jedoch erst ansatzweise zum Ausdruck. Als logische Konsequenz wird die Entwicklung weiter unterteilter Versionen mit drei, vier oder noch mehr, in der Drehzahl individuell regelbarer Segmente angestrebt. Unter Einbeziehung entsprechender Sensoren könnte damit die ultimative Lösung hinsichtlich der Optimierung von Luftstromgeometrie und Vertikalverteilung gleichermaßen realisiert und den künftigen Anforderungen an die Dosiergenauigkeit ein großer Schritt näher gekommen werden.

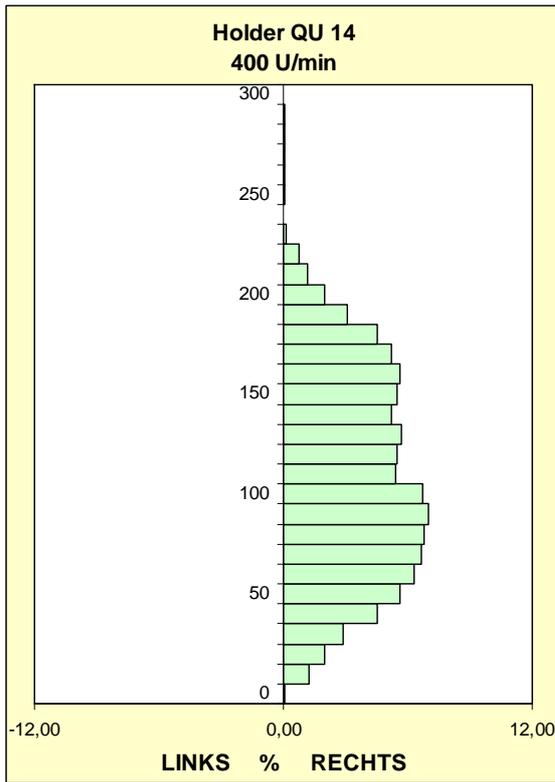


Abb.61: Vertikalverteilung beim Tangentialgebläse (niedere Drehzahl)

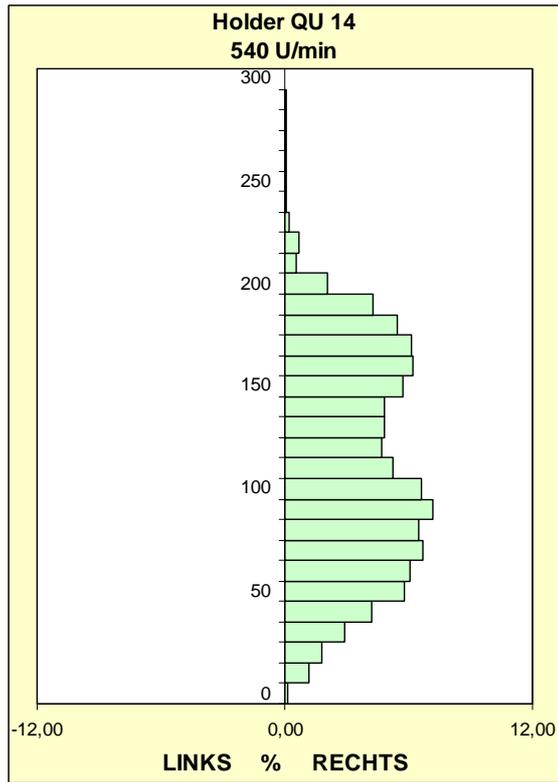


Abb.62: Vertikalverteilung beim Tangentialgebläse (hohe Drehzahl)

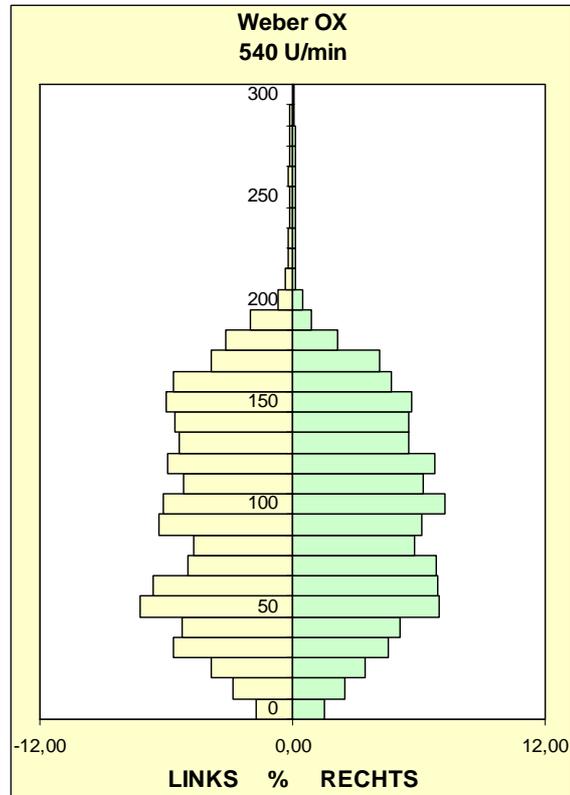
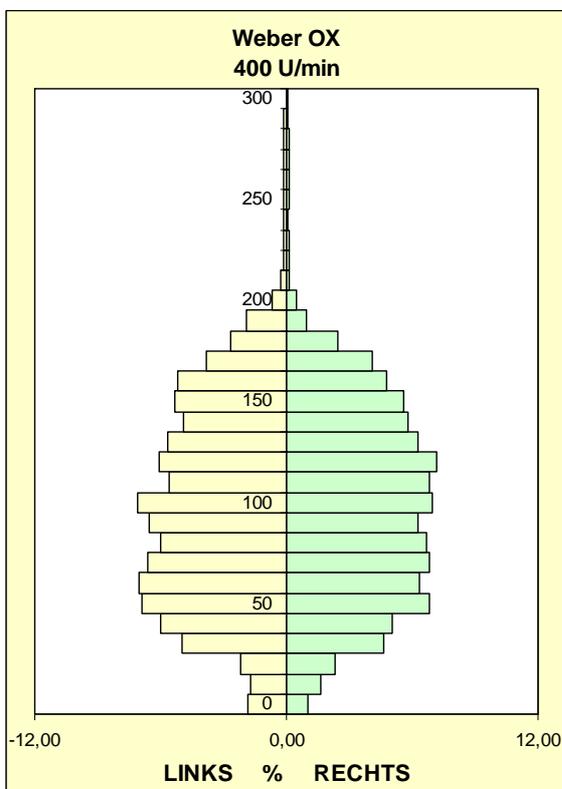


Abb.63 u. 64: Vertikalverteilung beim geteilten Tangentialgebläse , (Abb. 63 links: niedere Drehzahl; Abb. 64 rechts: hohe Drehzahl)

e

5 Leistungsbedarf

Die Bewertung von Sprühgebläsen hinsichtlich des Leistungsbedarfes steht zwar in keinem direkten Zusammenhang mit der Applikationsqualität, hinsichtlich der zu erwartenden weiteren Ressourcenverknappung stellt der Leistungsbedarf als entscheidender Faktor des Kraftstoffverbrauches jedoch ein wichtiges Kriterium für nachhaltige Produktionsverfahren dar. Da die Ermittlung des Leistungsbedarfs der untersuchten Gebläsetypen mit relativ geringem Aufwand möglich war, wurde dieser als Bewertungskriterium in die technischen Untersuchungen mit einbezogen.

5.1 Messmethode

Bei mechanisch angetriebenen Geräten erfolgte die Messung des Leistungsbedarfs mit einer in die Gelenkwelle integrierten Drehmomentmesswelle direkt an der Zapfwelle (Abb. 65 und 66). Aus dem Drehmoment und der Drehzahl wurde der Gesamtleistungsbedarf aus dem Zusammenhang

$$P \text{ [kW]} = M_d \text{ [Nm]} * n \text{ [1/min]} / 9550$$

errechnet. Der Dimensionsfaktor 9550 ist erforderlich, um aus dem Drehmoment in Nm und der Drehzahl in 1/min die Leistung in kW zu erhalten. Aus der gemessenen Zapfwellenleistung bei abgeschaltetem Gebläse wurde der Leistungsbedarf der Pumpe ermittelt. Der Leistungsbedarf des Gebläses ergibt sich aus dem Gesamtgeräteleistungsbedarf abzüglich des Leistungsbedarfs der Pumpe.

Bei hydraulisch angetriebenen Gebläsen konnte der Leistungsbedarf direkt im Ölkreislauf gemessen werden. Dazu wurde ein aus Druck- und Durchflussmesser bestehendes Kombigerät (Abb. 67) druckseitig in den Hydraulikkreis geschaltet und direkt abgelesen. Der Gebläseleistungsbedarf ergibt sich dabei aus dem Zusammenhang

$$P \text{ [kW]} = Q \text{ [L/min]} * \Delta p \text{ [bar]} * \eta / 600$$

Da hier ausschließlich die vom Schlepper abverlangte Leistung und nicht die Wellenleistung des Gebläses interessiert, bleibt der Wirkungsgrad η des Hydraulikmotors unberücksichtigt. Der Dimensionsfaktor 600 ist erforderlich um aus dem Volumenstrom in L/min und der Druckdifferenz in bar die Leistung in kW zu erhalten.



Abb.65: Drehmoment-Messwelle zur Messung des Leistungsbedarfs



Abb.66: Kombi-Gerät zur Messung des Leistungsbedarfs im Hydraulikkreislauf

5.2 Ergebnisse

In Abb. 67 sind Messergebnisse zum Leistungsbedarf der untersuchten Gebläsetypen bei Standard-Zapfwellendrehzahl und bei reduzierter Zapfwellendrehzahl, wie sie besonders bei leistungsfähigeren Gebläsen unter gewissen Einsatzbedingungen zu empfehlen ist, dargestellt. Darüber hinaus sind, sofern ein Schaltgetriebe vorhanden ist, die Werte der Schaltstufe II berücksichtigt. Die zum Teil erheblichen Unterschiede sind einerseits dadurch bedingt, dass nicht alle Typen der gleichen Leistungsklasse zugerechnet werden können. Andererseits sind jedoch auch die rein bauartbedingten Unterschiede nicht zu übersehen. So beanspruchen Axial- und Tangentialgebläse grundsätzlich einen niedrigeren Leistungsbedarf als Radialgebläse. Ungeachtet dessen sind sich auch innerhalb der Gebläsegattungen die Unterschiede kaum zu übersehen. In Abb. 8 ist der Geräte-Gesamtleistungsbedarfs einschließlich der Pumpenleistung dargestellt, die entsprechend der heute üblichen, niedrigen Druckeinstellungen pauschal mit 2 kW veranschlagt wurde.

Leistungsbedarf

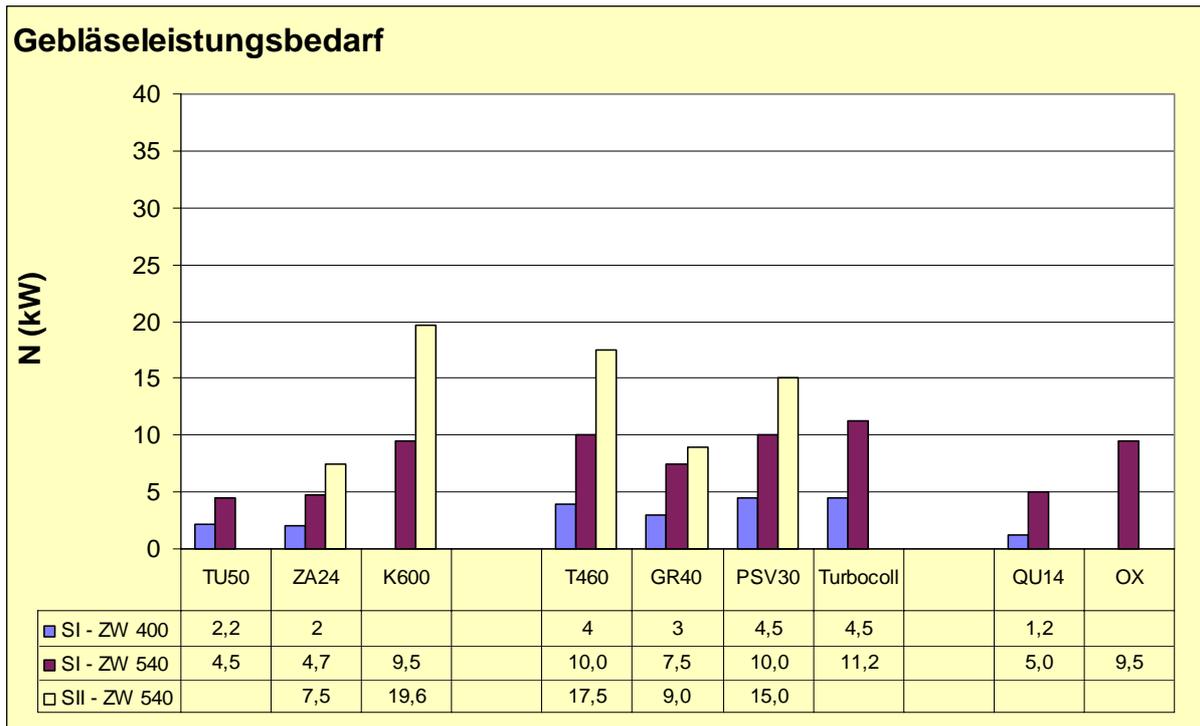


Abb.67: Gebläseleistungsbedarf

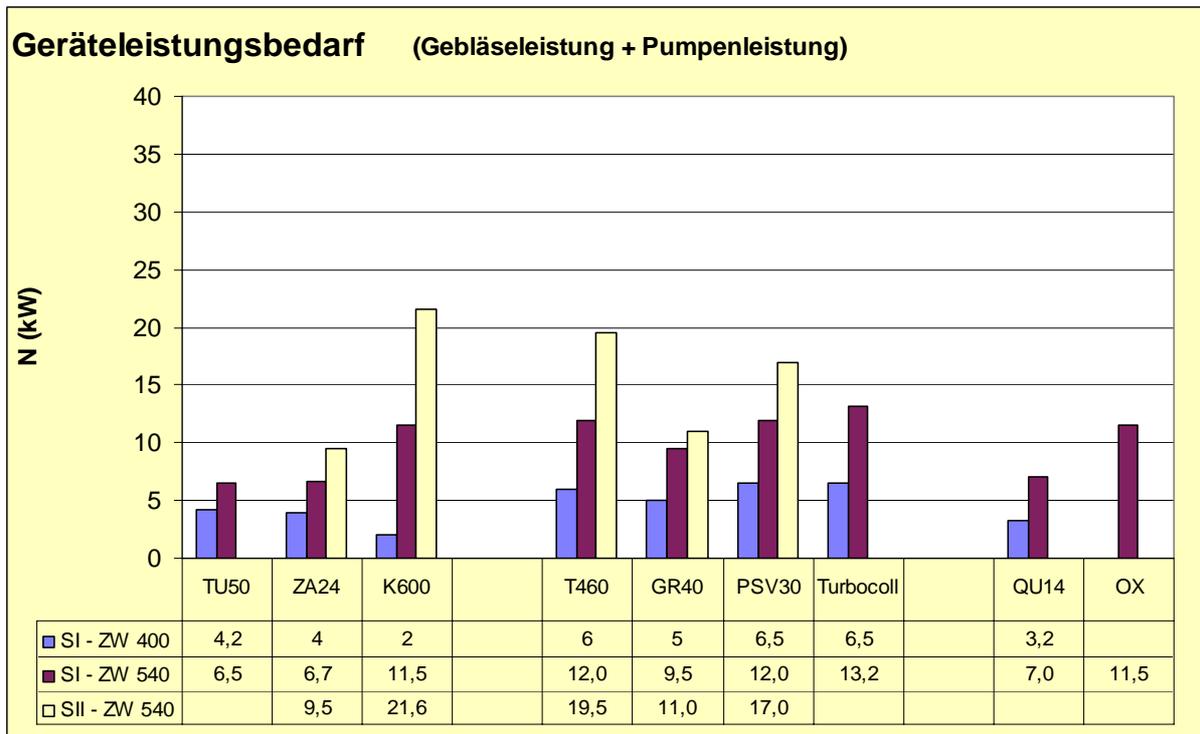


Abb.68: Geräte-Gesamtleistungsbedarf einschließlich Pumpenleistung

Abb. 69 zeigt den Gesamtleistungsbedarf einschließlich Fahrleistung in der Ebene und Abb. 70 das den Gesamtleistungsbedarf beim Befahren einer Hanglage mit 30 % Steigung. Dabei wurde ein Schleppergewicht von 2,5 t, ein 1000-L-Sprühgerät mit vollem Behälter und eine Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h unterstellt. Vergleicht man die Ergebnisse, so wird deutlich, dass Leistungsbedarfsanteil des Gebläses mehr in den Hintergrund tritt. Allerdings wird ebenfalls deutlich, dass beim Einsatz von Schleppern mit bescheidenerer Motorisierung die Gebläsebauart durchaus die Einsatzgrenzen am Hang setzen kann. Ungeachtet dessen zielen nachhaltige Pflanzenschutzkonzepte immer stärker auch auf Ressourcenschonung ab, was bei der Gebläseauswahl berücksichtigt werden sollte.

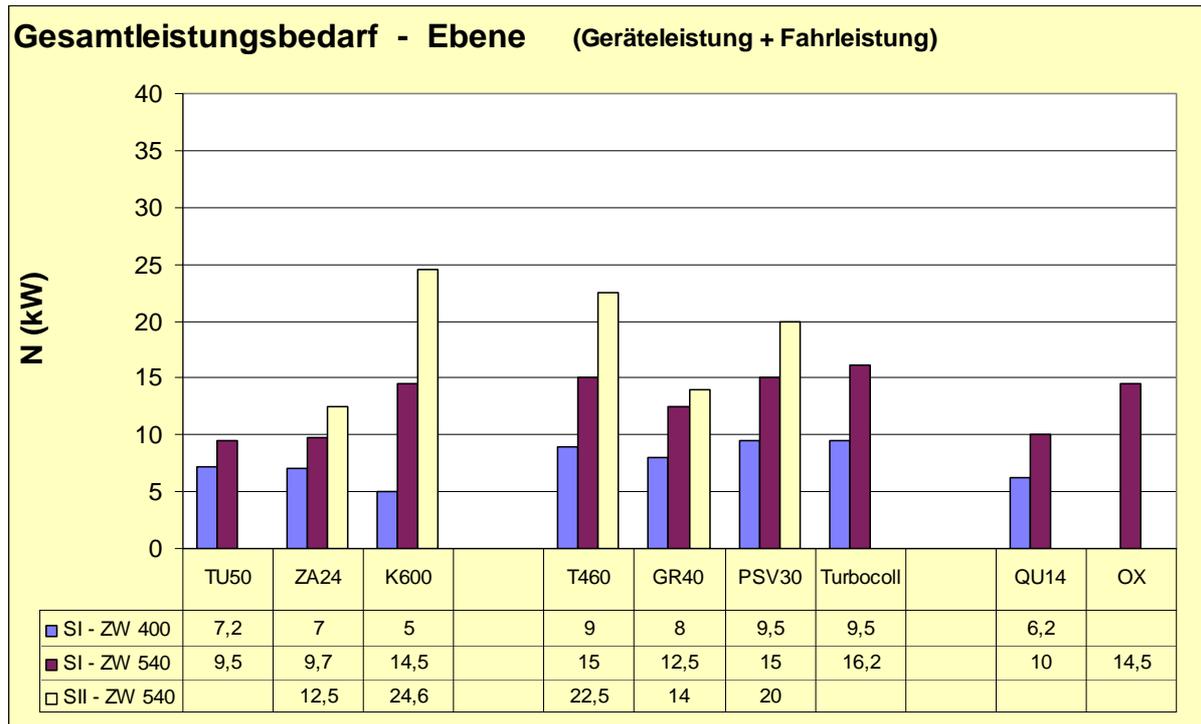


Abb.69: Gesamtleistungsbedarf einschließlich der Fahrleistung in der Ebene

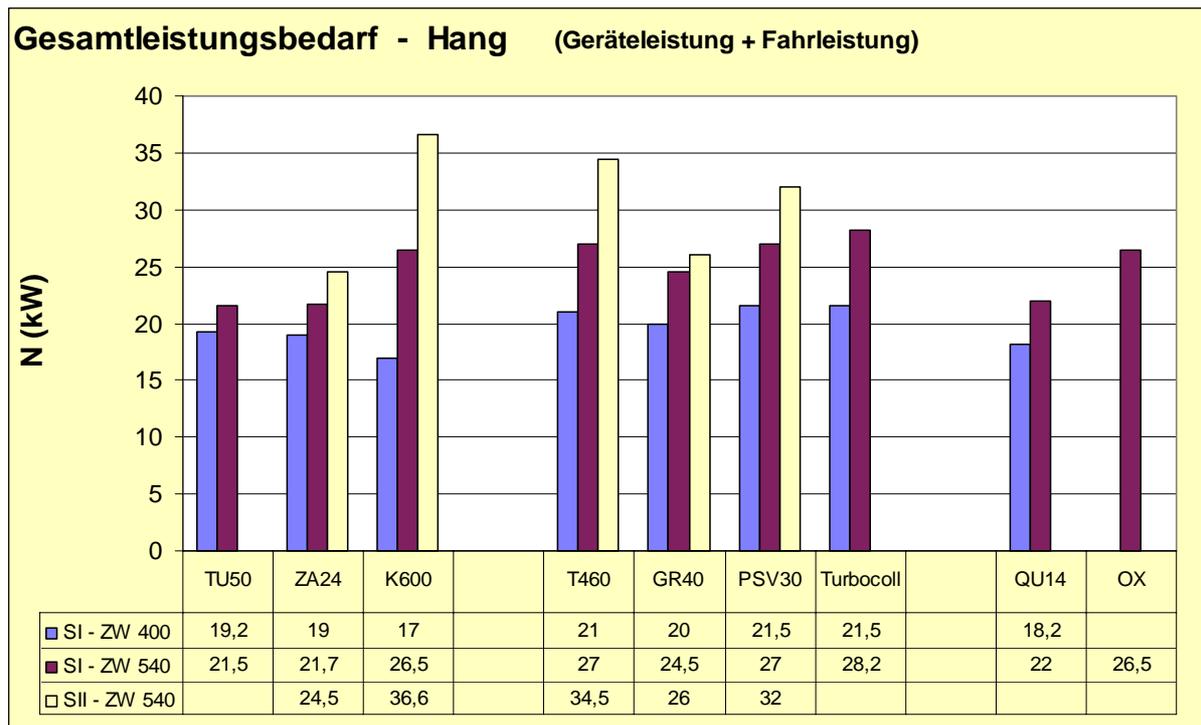


Abb.70: Gesamtleistungsbedarf einschließlich der Fahrleistung bei 30 % Hangneigung

6 Fazit

Bei den nachfolgend aufgeführten Gerätebeispielen handelt es Bauarten, die in der Weinbaupraxis mehr oder weniger weit verbreitet sind oder von denen zu erwarten ist, dass sie auf Grund ihrer innovativen Eigenschaften in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen werden. Trotz mehr oder weniger großer Unterschiede in der applikationstechnischen Leistung können diese Geräte, die zum größten Teil über eine JKI-Anerkennung verfügen, für den Praxiseinsatz uneingeschränkt empfohlen werden. Gerätebauarten von deren Einsatz im modernen Weinbau eher abzuraten ist, sind, mit Ausnahme des offenen Axialgebläses, nicht erwähnt. Letzteres ist nur deshalb aufgeführt, weil es über lange Jahre den Standard in der Sprühtechnik repräsentierte und sich infolge dessen sehr gut als Vergleichsmaßstab eignet.

Beispiel: offenes Axialgebläse



Diese Gebläsetypen der ersten Generation sind seit den 60er Jahren im Einsatz und werden heute von führenden Geräteherstellern für den Weinbau, wie die nachfolgenden Ergebnisse zeigen, aus gutem Grund nicht mehr angeboten. Dass Teilbreitensymmetrie und Vertikalverteilung zu wünschen übrig lassen ist ein Grund. Das Hauptargument, das gegen diese Gebläsebauart spricht, sind jedoch die hohen Luft- und Flüssigkeitsverluste im Stammbereich und oberhalb der Gipfelzone. Die Folge davon ist neben der unzureichenden Verteilungsqualität vor allem ein hohes Abtriftpotenzial. Sie sollten allmählich durch modernere Geräte ersetzt werden.

Beispiel: zeitgemäßes Axialgebläse



Moderne Axialgebläse zeichnen sich durch ein wirksames Luftleitsystem und durch ein möglichst weit oben liegendes Laufrad aus. Dadurch wird sowohl die Teilbreitensymmetrie als auch die Vertikalverteilung deutlich verbessert. Luft- und Flüssigkeitsverluste halten sich in Grenzen. Geräte dieser Bauart sind in die 90 %-Abtriftminderungskategorie eingestuft. Sie sind im deutschen Weinbau sehr weit verbreitet und verkörpern ein zeitgemäßes Pflanzenschutzgerät auf angemessenem Leistungsniveau.

Beispiel: Doppelaaxialgebläse



Auch diese Gerätekategorie kann im Großen und Ganzen recht positiv bewertet werden. Sie zeichnet sich vor allem durch eine für Axialgebläse recht gute Teilbreitensymmetrie aus. Luftprofil und Vertikalverteilung geben keinen Anlass zu Kritik.

Beispiel: Fächer-Radialgebläse



Aus dieser Kategorie sind im Weinbau zwei- und dreifächrige Typenreihen verbreitet. Während die zweifächrige Version nur durch konstruktive Veränderungen und eine besondere Konfektionierung des Düsenverbandes den gestiegenen Ansprüchen an die Applikationsqualität gerecht wird, erfüllt die dreifächrige Version in jeder Hinsicht die heute gestellten Anforderungen. Sowohl das Luftstromprofil als auch die Vertikalverteilung entsprechen bei voller Belaubung hinreichend genau der vertikalen Blattmassenverteilung der Laubwand. Voraussetzung dafür ist jedoch eine sehr sorgfältige Ausrichtung der Fächer. Wie moderne Axial- und Tangentialgebläse ist auch diese Gerätekategorie in die 90 %-Abtriftminderungskategorie eingestuft.

Beispiel: Diffusor-Radialgebläse



Obwohl die geschäftlichen Aktivitäten des Herstellers momentan eher verhalten sind, lässt sich der innovative Charakter dieser Entwicklung nicht von der Hand weisen. Das Gebläsekonzept beeindruckt durch eine Luftstromgeometrie, die den Abmessungen der Laubwand sehr entgegenkommt. In den Verteilungseigenschaften ist es mit dem Tangentialgebläse vergleichbar.

Beispiel: Tangentialgebläse



Diese bewährte Technik auf hohem Niveau zeichnet sich schon seit Jahren durch überdurchschnittliche applikationstechnische Leistungen aus. Um ein sauberes Luftprofil zu ermöglichen, müssen die Düsenstationen jedoch außerhalb des Luftstromes positioniert sein. In dem eine Teilbreite in mehrere separat regelbare Segmente unterteilt wird, leitet diese Technik in Verbindung mit der elektronischen Luftstromregelung (EOL) eine neue Epoche der Gebläseentwicklung ein.

Verglichen mit dem europäischen Ausland und den überseeischen Anbaugebieten nimmt der im deutschen Weinbau erreichte Stand der pflanzenschutztechnischen Entwicklung sicherlich eine Spitzenposition ein. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass unter dem von den Zulassungsbehörden ausgeübten Zwang zur Risikominderung und zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln die technische Entwicklung weiter vorangetrieben wird.

Allgemein dürfte dabei die Ausweitung des Elektronikeinsatzes im Mittelpunkt stehen. Mit der zunehmenden Verbreitung elektronischer Steuer-, Regel- und Dokumentationssysteme stößt auch der Pflanzenschutz im Weinbau mehr und mehr in den Bereich des Precision Farming vor, wodurch dem Winzer im Sinne ökonomischer, arbeitswirtschaftlicher und ergonomischer Belange sicherlich erhebliche Vorteile erwachsen können. Um die Applikationsqualität weiter zu steigern, d.h. die Effizienz der eingesetzten Wirkstoffe zu erhöhen, die biologische Wirkung mit minimalem Wirkstoffeinsatz zu sichern und die Risikofaktoren auf ein Minimum zu begrenzen wird jedoch auch in Zukunft kein Weg an der Weiterentwicklung der Gebläsetechnik vorbeiführen. Als momentane Perspektiven hierzu bieten sich mit sensorgesteuerten Regelsystemen ausgestattete Gebläse (z.B. EOL), Radialgebläse mit Diffusionskammern, die einen besser dosierbaren Luftstrom bereitstellen oder aber die bereits erwähnten Tangentialgebläse in Segmentbauweise an. Wo immer die gebläsetechnische Entwicklung auch hinget, sie wird sich, mehr noch als bisher, an der Kultur orientieren müssen. Aus diesem Grunde wurden im Rahmen des Vorhabens anhand aufwendiger Höhen differenzierender Belagsstudien zielobjektspezifische Bewertungskriterien erarbeitet, auf die in Teil 2 dieser Arbeit ausführlicher eingegangen wird.

Teil II

Anlagerungsverhalten und Verteilung von Pflanzenschutzmitteln

Bearbeitung: Horst Knewitz
Friedrich Lehn
Bernd Schowalter
Alexander Wallhäuser

1 Problemstellung

Im Weinbau werden eine kaum überschaubare Anzahl verschiedener Sprühgerätetypen eingesetzt, die aber alle das gleiche Ziel haben: Pflanzenschutzmittel sollen möglichst verlustfrei, gleichmäßig und in einer vorgegebenen Dosierung ausgebracht und an der Zielfläche angelagert werden. Doch nicht nur die Ausbringungstechnik unterscheidet sich von Betrieb zu Betrieb, sondern auch die Durchführung der Spritzmaßnahmen ist stark vom Anwender abhängig. Mittlerweile gehen immer mehr Betriebe dazu über, nur jede zweite Gasse zu fahren. In einigen Betrieben wird bei jeder Behandlung nur die begrünte Gasse befahren, während die meisten bei jeder Spritzung die Fahrgasse wechseln. Wasseraufwandmenge, Anzahl Düsen, Düsenausrichtung, Düsengrößen innerhalb des Düsenverbandes sind weitere Parameter, die höchst unterschiedlich gehandhabt werden.

Die Untersuchungen zur Belagsbildung an Weinreben im Fachbereich Applikationstechnik am DLR Rheinhessen Nahe Hunsrück in Bad Kreuznach laufen seit 2004. Ziel ist, die Arbeitsqualität von Geräten und Einstellungen zu erfassen und zu verbessern. Dies geschieht über Belagsmessungen unmittelbar an den behandelten Pflanzenteilen. Dabei stellte sich zunächst die Frage nach der Zielfläche der Reben und damit nach der zu untersuchenden Pflanzenprobe. In früheren Arbeiten an anderen Stellen wurde der Belag auf ganzen Blättern bestimmt und teilweise auch mehrere Blätter zu einer Einheit zusammengefasst. Dies schien uns nicht zweckmäßig, da die Disposition der beiden Blattseiten gegenüber Pilzkrankheiten unterschiedlich ist und außerdem Blattober- und Unterseite völlig verschiedene Strukturen mit unterschiedlichem Anlagerungsverhalten aufweisen, so dass aus unserer Sicht die Untersuchung getrennt erfolgen muss.

Die Beläge streuen sehr stark von Blatt zu Blatt. Für aussagefähige Ergebnisse ist deshalb stets ein großer Stichprobenumfang erforderlich. Aus Kapazitätsgründen haben wir uns deshalb auf die Untersuchung der Blattunterseite konzentriert und die Blattoberseite nicht betrachtet. Die Überlegung dabei war, dass die wichtigsten Schaderreger (*Peronospora* und *Oidium*) vorwiegend über die Blattunterseite infizieren und dass der Belag auf der Oberseite in jedem Fall ausreicht, wenn die schwieriger zu treffende Unterseite ausreichend gut belegt ist. Zusätzlich wurden – je nach Fragestellung und Entwicklungsstadium – auch Beläge auf Gescheinen, Beeren und Stielgerüst getrennt ermittelt.

2 Methode der Belagsmessungen

Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe eines fluoreszierenden Farbstoffs (Natriumfluorescein; NF), der entsprechend der jeweiligen Fragestellung mit unterschiedlicher Technik bzw. Applikationsverfahren ausgebracht wurde. Der Behandlungsflüssigkeit wurde immer ein Pflanzenschutzmittel (Folpan und Topas) zugesetzt, weil die darin enthaltenen Formulierungshilfsmittel die Anlagerung wesentlich beeinflussen. Die ausgebrachte Farbstoffmenge wurde bei allen Versuchen auf die Laubwandfläche bezogen (Reihenlänge • Laubwandhöhe). Dadurch können Behandlungen von unterschiedlichen Laubwandhöhen und verschiedenen Reihenbreiten miteinander verglichen werden.



Abb. 1: Blattprobenentnahme aus unterschiedlichen Laubwandhöhen



Abb. 2: Abwaschen der Beläge vor Ort

Problemstellung



Abb. 3: Entnahme von Gescheinen



Abb. 4: Trennen von Beeren und Stielgerüst zur Probenaufbereitung

Nach dem Antrocknen wurden je Variante 120 Blätter aus unterschiedlichen Höhen der in 10-cm-Abschnitte unterteilten Laubwand (Abb. 1) entnommen. Der zu untersuchende Belag wurde an Ort und Stelle abgewaschen. Hierzu wurde die Blattunterseite

mit einem Silikonstopfen auf eine mit 50 ml Wasser gefüllte Weithalsflasche gepresst und durch schütteln das gut wasserlösliche NF abgelöst

(Abb. 2). Im Labor wurde später mit einem Fluorometer die NF-Konzentration bestimmt und in Bezug zu der je m² Laubwandfläche ausgebrachten Stoffmenge gesetzt. Der Anlagerungserfolg lässt sich damit in % zu der auf die Laubwandfläche applizierten Stoffmenge ausdrücken.

Da die Gesundheit der Trauben noch wichtiger ist als die der Blätter, wurden in den späteren Entwicklungsstadien noch zusätzlich die Beläge auf den Beeren untersucht. Hierzu wurden je Variante an 3 Stellen 40 Trauben, rechts und links der behandelten Zeile entnommen (Abb. 3) und die Beeren vom Stielgerüst getrennt (Abb. 4). Anschließend wurde in einem aufwendigen Verfahren die Beerenoberfläche bestimmt und die anhaftende Stoffmenge gemessen. Da bei dieser Vorgehensweise sowohl bei Blättern als auch bei Beeren die Bezugsgröße gleich ist (Stoffmenge je cm² Oberfläche), lassen sich beide Zielobjekte gut miteinander vergleichen.

Die angelagerte Stoffmenge variiert von Probe zu Probe sehr stark. Variationskoeffizienten von mehr als 120 % sind keine Seltenheit. Oft werden sie nur von einzelnen Proben verursacht, die dann aber den Mittelwert außerordentlich stark beeinflussen.

In der Praxis wird die biologische Wirksamkeit von dem Anteil der schlecht belegten Zielflächen bestimmt. Überdurchschnittlich stark belegte Pflanzenteile können schlecht belegte Teile nicht ausgleichen. Es schien uns daher ein besseres Maß für die Beurteilung des Anlagerungserfolges zu sein, den Anteil Blätter mit mehr als 5 % Belag anzugeben, als die durchschnittliche Stoffmenge je cm² Oberfläche. Dies ist selbstverständlich willkürlich und hat keinen Bezug zur tatsächlich erforderlichen Belagsmasse. Der Wert schien uns aber geeignet die Unterschiede zwischen den Varianten am besten deutlich zu machen.

Bei Beerenuntersuchungen, mit insgesamt geringerer Belagsmasse je cm² Oberfläche, wird im Folgenden aus den gleichen Gründen der Anteil Trauben mit mehr als 3 % Belag angegeben.

3 Ergebnisse

3.2 Einfluss der Tropfengröße

Die erste Versuchsserie widmete sich der Frage ob eine fein tropfige oder eine grob tropfige Applikation Vorteile hat. Aus vielen Versuchen im Obstbau war bekannt, dass mit den modernen, grob tropfig zerstäubenden Injektordüsen die Anlagerung in der Tendenz eher etwas besser ausfällt, als bei den früher üblichen Hohlkegeldüsen. Dies lässt sich auch leicht erklären, da viele der feinen Tropfen verdunsten oder verwehen und deshalb nicht bis zur Zielfläche gelangen.

Die Belagswerte streuen bei der Weinrebe sehr stark, so dass viele Wiederholungen notwendig sind, um einigermaßen gesicherte Ergebnisse zu bekommen. Wetterbedingungen, Sorte, Entwicklungsstadium, Geräteeigenschaften, Anlagenbeschaffenheit (Lücken, Erziehung) und vieles mehr beeinflussen den Anlagerungsprozess. Da aber auch die Praxis keine einheitlichen Bedingungen vorfindet, wurden mehrere Versuche

Ergebnisse

mit unterschiedlichen Versuchsbedingungen durchgeführt. Bei jedem Vergleich wurde aber sowohl die grob tropfige (AVI) als auch die fein tropfige (ATR) Variante unmittelbar nacheinander am gleichen Tag, mit dem gleichen Gerät und der gleichen Einstellung (Arbeitsdruck, Gebläseleistung, Wassermenge, Fahrgeschwindigkeit) behandelt. Die anlagebedingten Unterschiede (Stockausfälle, übliche Lücken in der Laubwand) waren jedoch nicht zu vermeiden.

Aus den o. g. Gründen ist es daher nicht ungewöhnlich, dass die Ergebnisse eine gewisse Schwankungsbreite aufweisen. Es lässt sich aber aus den in der Abb. 5 dargestellten Ergebnissen ableiten, dass im Weinbau im Durchschnitt keine Unterschiede zwischen grob- und fein tropfiger Behandlung auftreten. Allein diese Feststellung rechtfertigt die Forderung nach einer schnellen Umrüstung auf die moderne Düsenteknik. Es ist unbedingt nötig, dass die image schädigenden Spritzwolken aus der Landschaft verschwinden. Da es im Hinblick auf den Behandlungserfolg keine Notwendigkeit für die bisher verwendeten Hohlkegeldüsen mehr gibt, sollte sofort umgerüstet werden. Informationen zur Düsenumrüstung gibt es unter www.dlr-rnh.rlp.de.

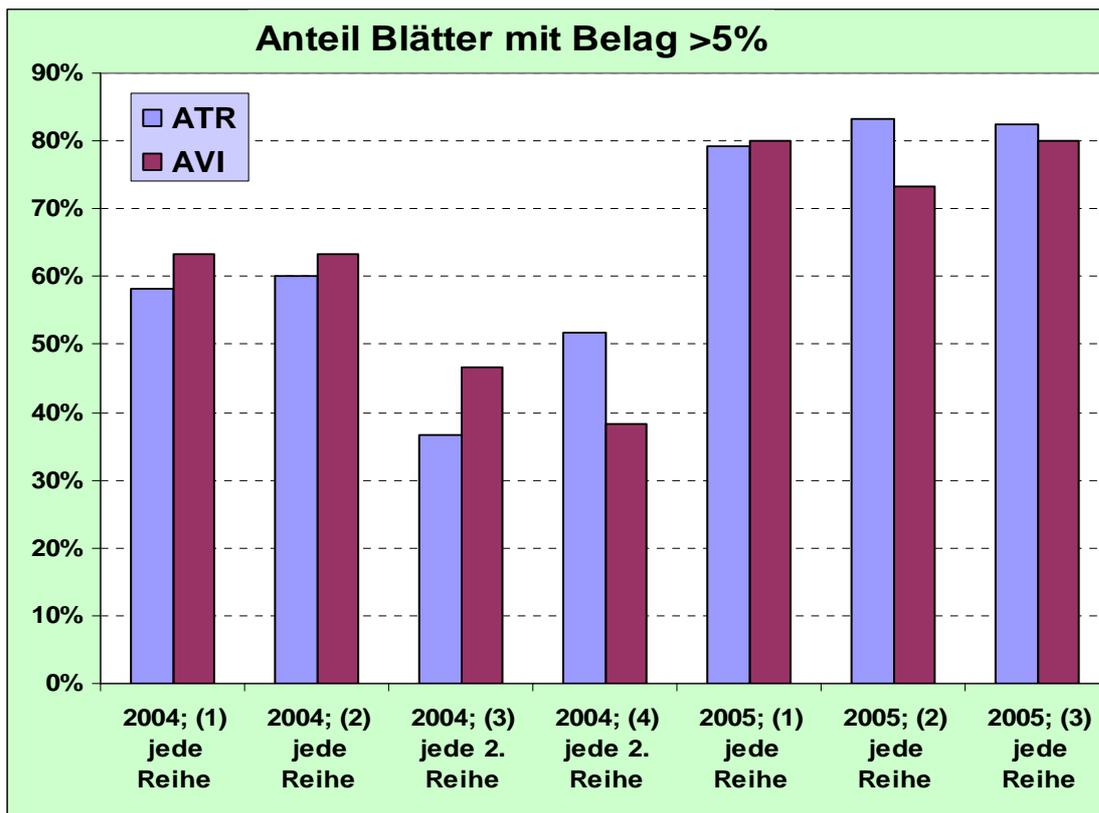


Abb. 5: Anteil Blätter mit Belägen > 5 % nach fein- und grob tropfiger Behandlung

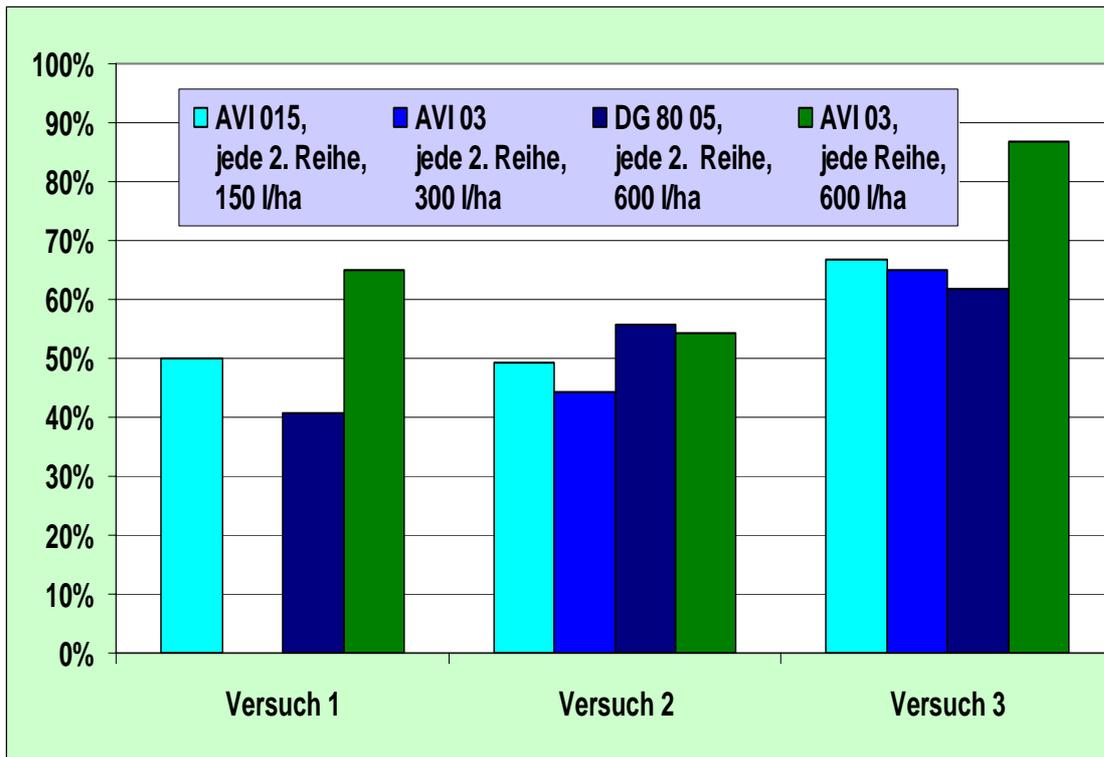


Abb. 6: Anteil Blätter mit Belägen > 5 % nach Behandlung mit verschiedenen Flüssigkeitsaufwandmengen in den Entwicklungsstadien ES 56 und 62 (Vorblüte und Beginn der Blüte)

3.3 Einfluss der Wasseraufwandmenge

In Warndienstempfehlungen und Spritzplänen der chemischen Industrie werden in frühen Entwicklungsstadien mitunter Wasseraufwandmengen bis zu 400 l/ha empfohlen. Bei späteren Behandlungsterminen soll dann in Abhängigkeit von der Steigerung der Basisaufwandmenge des Pflanzenschutzmittels auch die Flüssigkeitsmenge gesteigert werden, bis dann zur Abschlussbehandlung teilweise sogar 1600 l/ha angegeben werden. In der Praxis wird zwar in der Regel mit niedrigeren Wasseraufwandmengen gearbeitet, aber es gibt eine Unsicherheit über die Frage, welche Wassermenge für eine gute Applikation notwendig ist.

Der Einfluss unterschiedlicher Wasseraufwandmengen wurde deshalb in drei Versuchen in frühen Entwicklungsstadien (2X ES 56 und 1 X ES 62) geprüft. Es wurden 150 l/ha mit der Injektordüse AVI 80-015, 300 l/ha mit AVI 80-03 und 600 l/ha mit der Antidriftdüse DG 80 05 ausgebracht, wobei aber – wie in diesen Entwicklungsstadien üblich – nur jede zweite Reihe befahren wurde. Außerdem wurde in einem weiteren Versuchsglied 600 l/ha mit der AVI 80-03 gespritzt und dabei jede Reihe gefahren. In der Variante „600 l/ha, jede zweite Reihe“ musste leider eine Antidriftdüse eingesetzt werden, da es keine AVI Injektordüse in dem Kaliber 05 gibt. Weiterhin ist zu beachten, dass im ersten Versuch das Versuchsglied „300 l/ha“ nicht ausgewertet werden konnte.

Die Behandlungen wurden mit einem Wanner SZA 24 Sprühgerät und drei geöffneten Düsen je Seite durchgeführt. Alle nicht genannten Einstellungen und Behandlungsdaten wurden in jedem Versuch möglichst gleich gehalten.

Ergebnisse

Nach der Behandlung zeigte sich bereits rein visuell, dass die Blätter mit 150 l/ha ausreichend gut benetzt sind. Bei 300 l/ha gab es deutliche Abtropfverluste. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das Auge fast nur die Blattvorderseite sieht, die phytopathologisch bedeutsamere und in der vorliegenden Arbeit auch beprobte Seite ist aber die Blattunterseite.

Da hier wesentlich weniger Spritzflüssigkeit hingelangt, ist es verständlich, dass trotz der beobachteten Abtropfverluste auf der Blattvorderseite, nur ein geringer Unterschied zwischen den verschiedenen Wasseraufwandmengen festgestellt wurde. Selbst die eindeutig zu hohe Flüssigkeitsmenge von 600 l/ha war bei der Ausbringung in jeder zweiten Reihe im Grunde nicht schlechter als 150 l/ha. Nur wenn jede Reihe befahren wird, lässt sich mit 600 l/ha der Belag auf der Blattunterseite steigern. Dies ist nachvollziehbar, denn durch Behandlung der Zeile von beiden Seiten wird die Applikationsqualität insgesamt verbessert und Abtropfverluste werden reduziert, weil der Spritzbelag von der ersten Vorbeifahrt bis zur zweiten Vorbeifahrt zum Teil schon angetrocknet ist.

Es kann festgehalten werden, dass es keinen Grund gibt, im Zeitraum „Vorblüte“ bei der Applikation mehr als 150 l/ha auszubringen, allerdings sollte die Gebrauchsanleitung der Pflanzenschutzmittel stets beachtet werden. Höhere Wassermengen ergaben auf der Blattunterseite keine verbesserte Anlagerung, sie schaden aber auch nicht eindeutig. Auf der Blattoberseite war ein ausreichend dichter Spritzbelag zu sehen, ab 300 l/ha konnte die Blattoberseite die applizierte Flüssigkeit nicht mehr vollständig halten.

Einfluss von ein- oder beidseitiger Behandlung

Ein anderer Arbeitsschwerpunkt war die Bearbeitung der Frage wie sich die Applikationsqualität verändert wenn nicht mehr in jeder Reihe sondern nur in jeder zweiten Reihe gefahren wird. In den letzten Jahren hat die Weinbergsfläche je Betrieb stetig zugenommen. Termingerechte Pflanzenschutzmaßnahmen und Arbeitswirtschaft zwingen teilweise zu dieser Maßnahme.

In den Untersuchungen sollte aber nicht nur der Unterschied zwischen den beiden Verfahren ermittelt werden, sondern es sollte gleichzeitig auch herausgefunden werden, wie die Applikation zu verbessern ist. Aus den bisherigen Arbeiten war bekannt, dass auf der Blattunterseite der höchste Belag nicht in der gefahrenen Seite der Rebzeile, sondern auf der gegenüberliegenden Seite vorhanden ist (Abb. 7). Die oft geäußerte Ansicht, dass bei zweireihiger Applikation mit möglichst hoher Gebläseleistung durchgeblasen werden muss, um auf der gegenüberliegenden Zeile noch einen Teil anzulagern würde demzufolge keinen Sinn machen. Die Spritztröpfchen würden dort auch nur die Blattoberseite treffen. Sie müssten im Grunde die zweite Laubwand durchdringen um zur Blattunterseite zu gelangen. Da dies recht unwahrscheinlich ist, muss der Anwender – aus theoretischer Überlegung – auch bei zweireihiger Behandlung sein Gerät so einstellen, dass der Spritzbelag in den beiden Rebzeilen rechts und links optimal verteilt ist. Ein „Durchblasen“ müsste demnach zu einem geringeren Anlagererfolg auf der Blattunterseite führen.

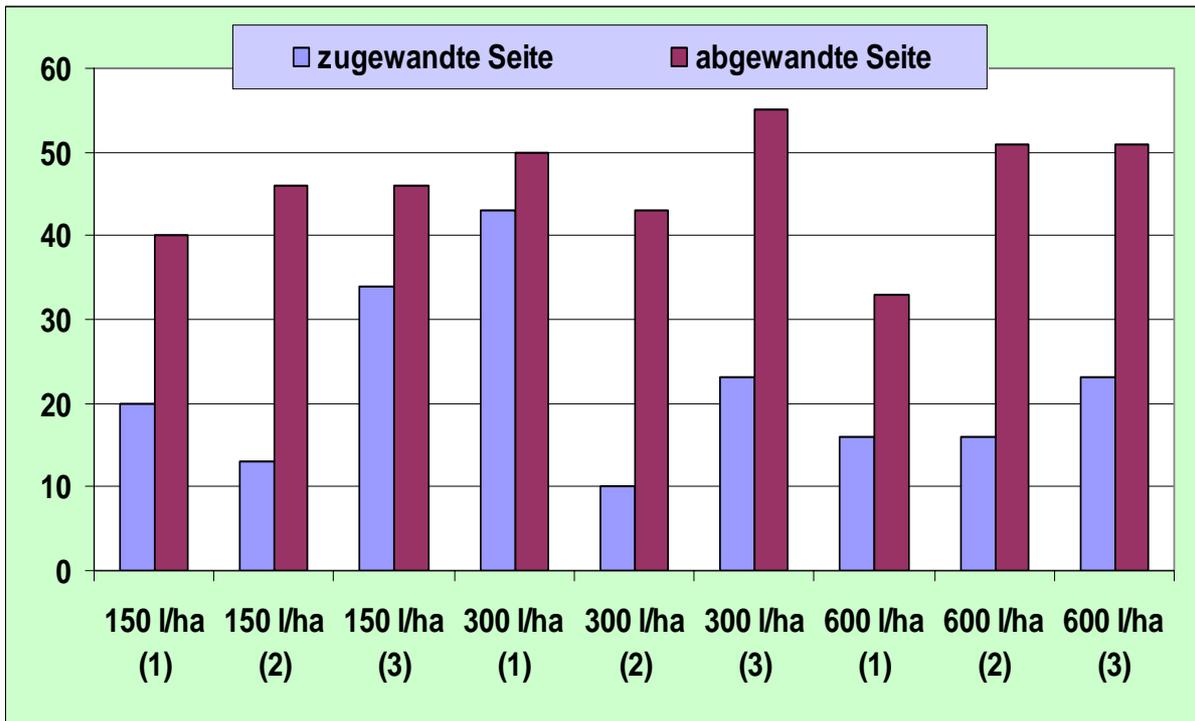


Abb. 7: Anteil Blätter mit Belägen 5 % auf der Blattunterseite der zu- und abgewandten Seite der Rebzeile wenn nur jede zweite Zeile befahren wird. Jeweils drei Versuche mit 150 l, 300 l und 600 l Flüssigkeit /ha; Vorblüte bis Blühbeginn.

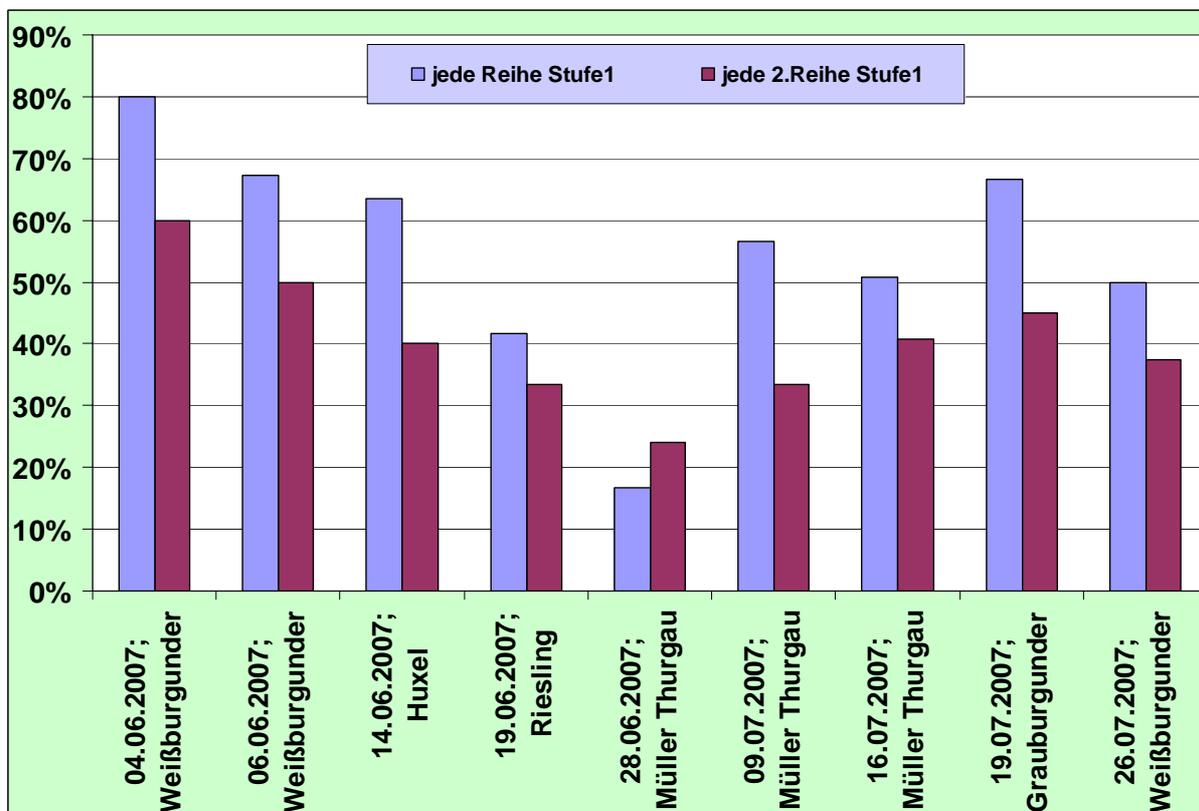


Abb. 8: Anteil Blätter mit Belägen > 5 % auf der Blattunterseite nach Applikation in jeder Reihe und in jeder zweiten Reihe.

Ergebnisse

Wie man dies allerdings umsetzen soll, ist z. Z. noch unklar. Aus dieser Überlegung heraus wurden in verschiedenen Sorten insgesamt vier verschiedene Sprühgerätetypen (Holder TL 62, Weber Tangentialgebläse, Wanner SZA 24, Vicar NT 460) z. T. mehrmals in folgenden Varianten eingesetzt:

- Behandlung in jeder Reihe mit Gebläsestufe 1
- Behandlung in jeder zweiten Reihe mit Gebläsestufe 2
- Behandlung in jeder zweiten Reihe mit Gebläsestufe 1

Geräte, die nur über eine Gebläsestufe verfügen, wurden in der Variante „Gebläsestufe 2“ mit voller Leistung und in der Variante „Gebläsestufe 1“ mit reduzierter Drehzahl eingesetzt. Es wurden immer drei Behandlungsfahrten in direkt nebeneinander liegenden Reihen (Variante „jede Reihe befahren“) bzw. mit einer nicht befahrenen Zwischenreihe (Variante „jede zweite Reihe befahren“) durchgeführt und dann die mittlere Zeile ausgewertet. Falls Spritzflüssigkeit von einer Nachbarfahrt bis dort hin gelangt wäre, so würde sie mit dieser Vorgehensweise mit erfasst.

Abb. 8 zeigt den Anteil Blätter die auf der Unterseite einen höheren Belag als 5 % aufweisen (bezogen auf die je Flächeneinheit ausgebrachte Stoffmenge). In beiden Varianten wurden die Einstellungen (auch Gebläseeinstellung) exakt gleich gehalten. Wenn jede Reihe gefahren wird, sind im Durchschnitt ca. ein Drittel mehr Blätter mit einem Belag > 5 % versehen als bei zweireihigen Applikation. Die Unterschiede treten unabhängig von der Sorte, dem Entwicklungsstadium und dem verwendeten Gerätetyp auf.

Auf Grund der relativ großen inneren Oberfläche von Trauben und der wachsigem Oberfläche der Beeren erreichen die Beläge insgesamt ein deutlich niedrigeres Niveau als auf dem Blatt. Wie eingangs schon erwähnt werden deshalb Beeren mit Belägen > 3 % als Maß für den Anlagerungserfolg angegeben.

Der Vergleich „Behandlung in jeder und in jeder zweiten Reihe“ ergab bei Trauben ein ähnliches Ergebnis wie bei Blättern. Die Belagsunterschiede waren in allen Versuchen sehr deutlich; die Beeren haben einen höheren Belag wenn jede Reihe gefahren wird (Abb. 9). Wer es sich aus Zeitgründen erlauben kann sollte deshalb unbedingt bei seinen Pflanzenschutzmaßnahmen jede Reihe befahren, insbesondere bei starkem Befallsdruck.

Dass die einreihige Behandlung der zweireihigen überlegen ist, war wohl schon vorher zu vermuten, und wurde jetzt erneut mit Daten belegt. Viele Anwender haben aber nicht mehr die Zeit so zu verfahren. Für sie ist die Antwort auf die Frage, wie die Applikation bei zweireihiger Behandlung zu verbessern ist, wesentlich bedeutsamer. Als Stellschraube haben sie im Grunde nur die Möglichkeit den Gebläseluftstrom zu variieren. Nach welcher Richtung die Gebläseluft verändert werden muss, war deshalb Ziel unserer Untersuchungen. Das Ergebnis der Auswertung „viel“ oder „wenig“ Gebläseleistung was gleichbedeutend ist mit „durchblasen“ oder nicht, ist in Abb. 6 und 7 dargestellt.

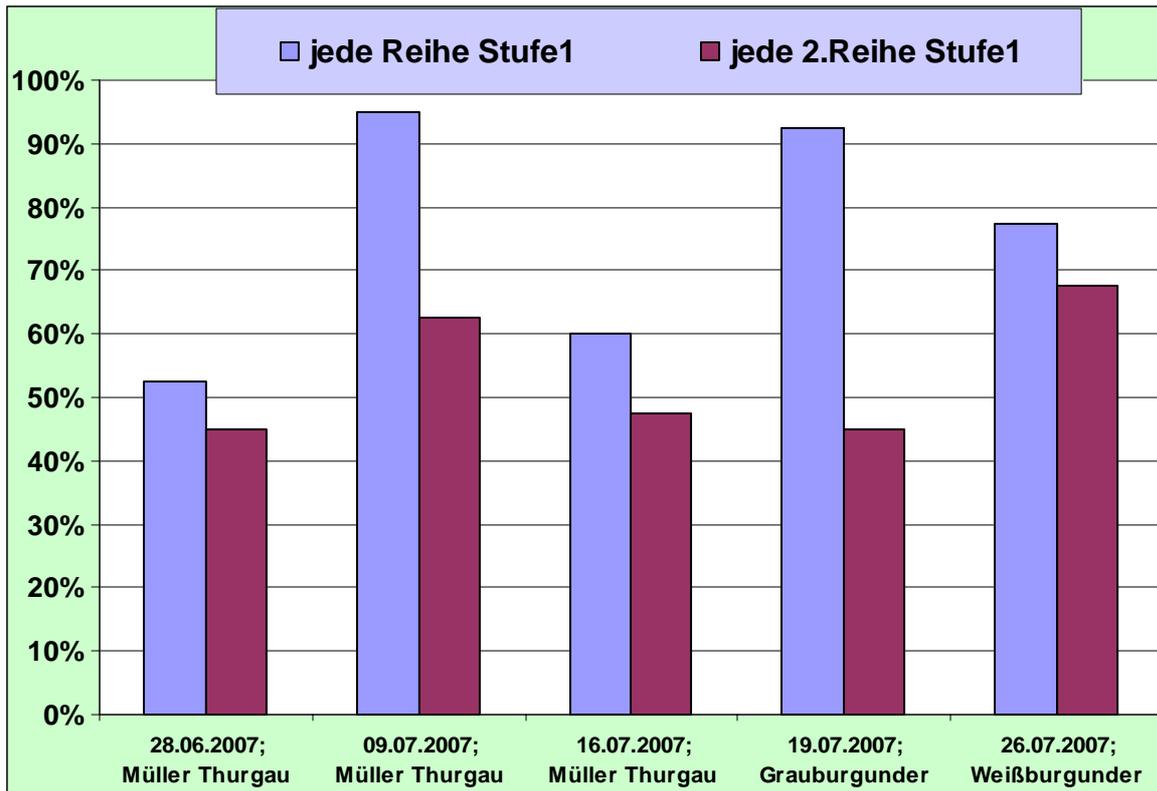


Abb. 9: Anteil Trauben mit Belägen > 3 % nach Applikation in jeder Reihe und in jeder zweiten Reihe.

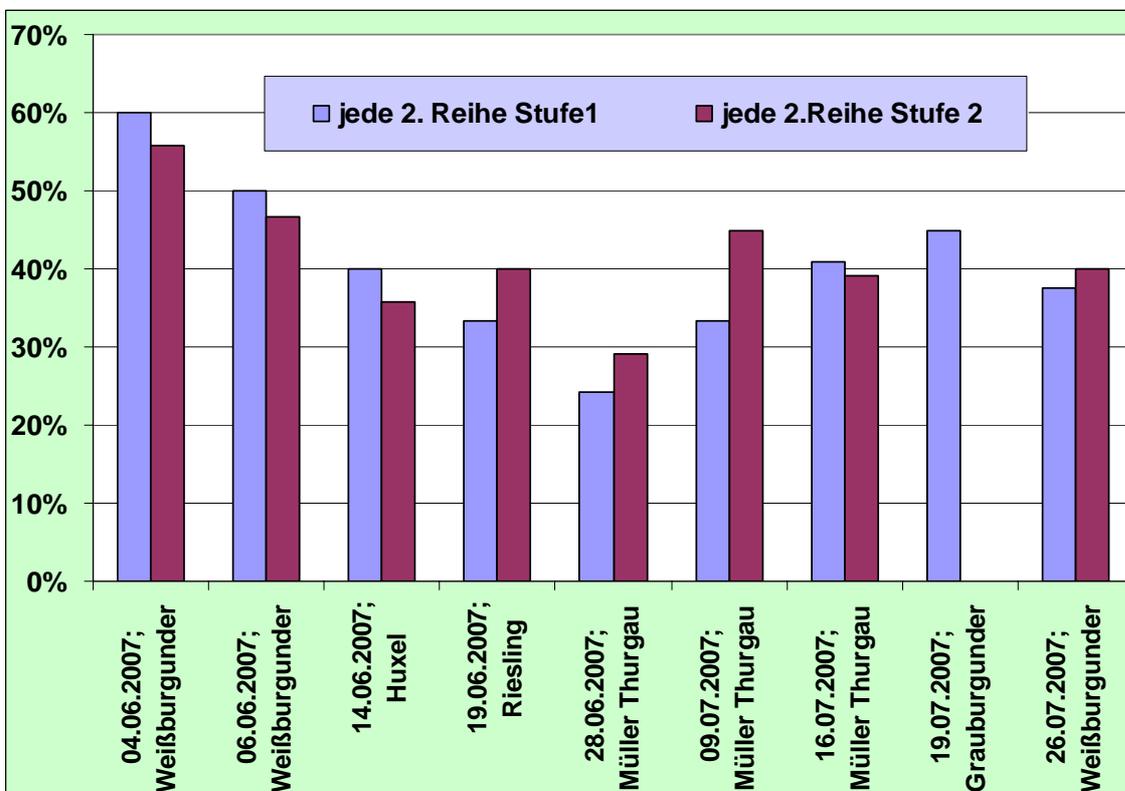


Abb. 10: Anteil Blätter mit Belägen > 5 % auf der Blattunterseite; Applikation erfolgte in jeder zweiten Reihe mit viel und wenig Gebläseluft.

Ergebnisse

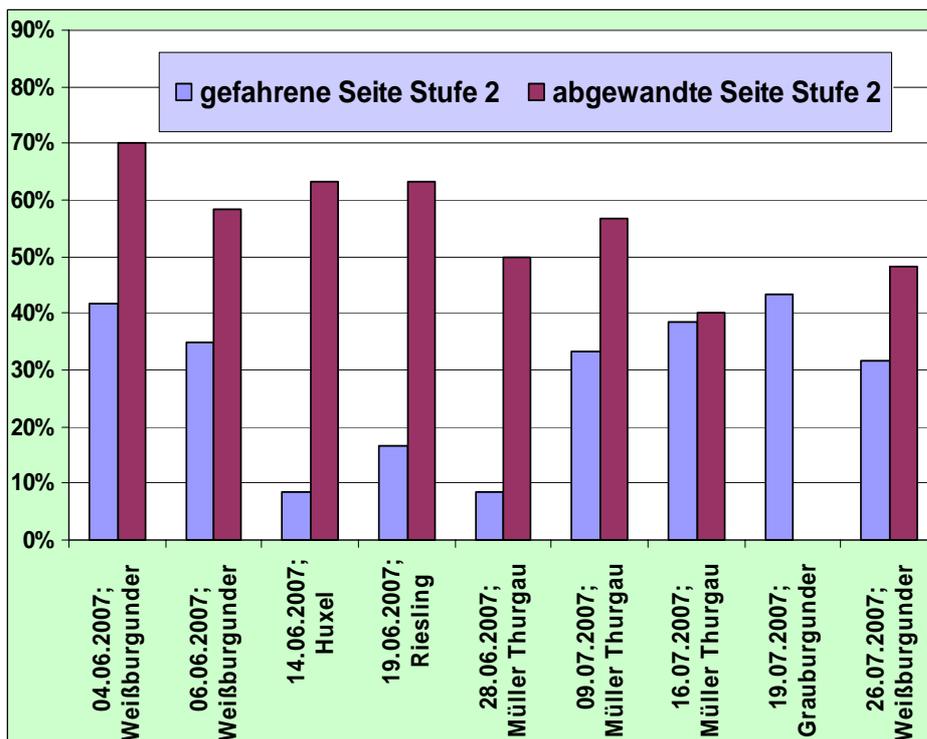
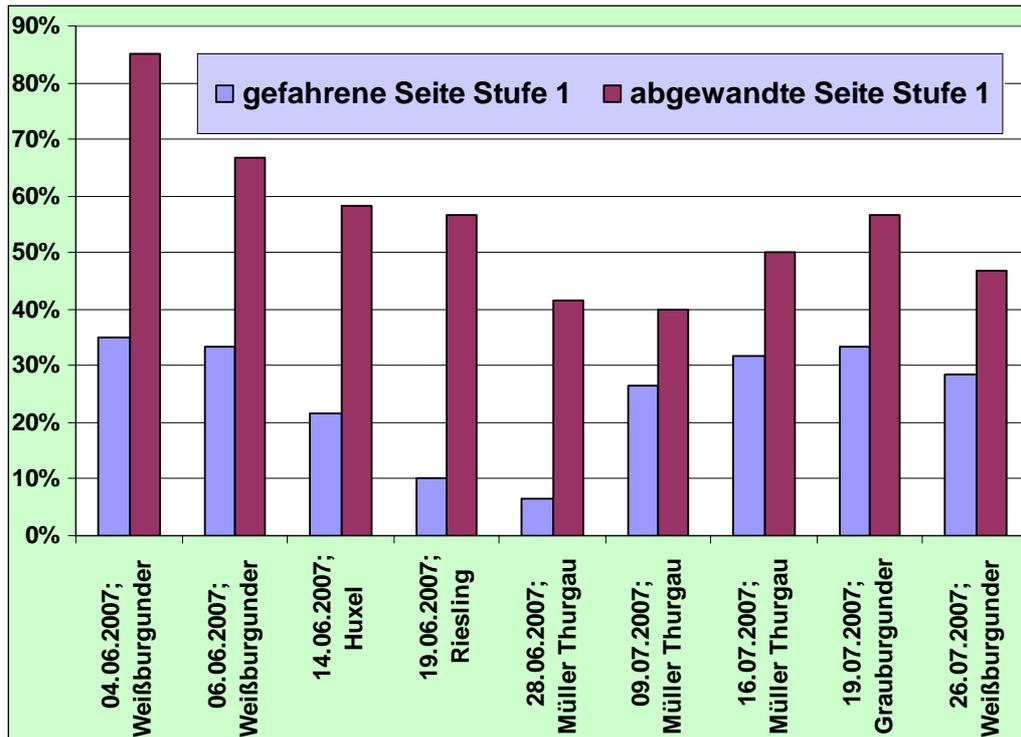


Abb. 11: Anteil Blätter mit Belägen > 5 % auf der Blattunterseite in der gefähreren und abgewandten Seite der Rebzeile. Applikation erfolgte in jeder zweiten Reihe. Oben: Gebläsestufe 1; Unten: Gebläsestufe 2

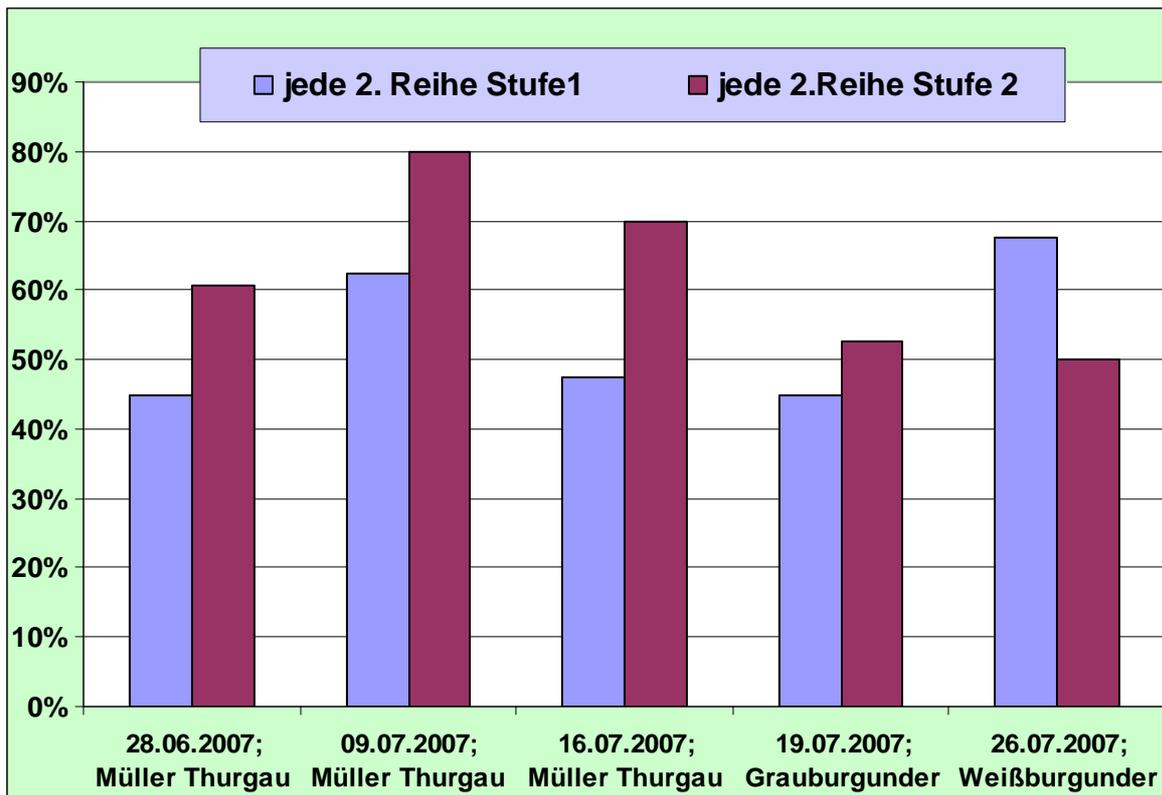


Abb. 12: Anteil Beeren mit Belägen > 3 %; Applikation erfolgte in jeder zweiten Reihe mit viel und wenig Gebläseluft

In Abb. 10 wird deutlich, dass die Blattbeläge kein einheitliches Ergebnis aufweisen (am 19.07.2007 konnte wegen Regen nur eine Variante ausgewertet werden). Weder wenig noch viel Gebläseleistung war durchgehend vorteilhaft. Die Unterschiede zwischen den beiden Gebläsestufen in einzelnen Versuchen sind vermutlich auf die anlagebedingten Unterschiede zurückzuführen und sind nicht über Gebläseeinstellungen generell, für alle Rebanlagen gültig, zu beeinflussen.

Auch wenn man die Versuchsserie nach „gefährterer Seite“ und „abgewandter Seite“ weiter auswertet, ändert sich das Bild nicht wesentlich (Abb. 11). Wie bei den Versuchen 2004 und 2005 war die gefährtere Seite bei beiden Varianten wesentlich schlechter belegt als die abgewandte Seite (Blattunterseite), doch Unterschiede zwischen den beiden Gebläsestufen traten nicht auf. Hervorzuheben ist allerdings, dass in der letzten Versuchsserie die Belagsunterschiede zwischen zu- und abgewandter Seite noch wesentlich ausgeprägter waren als 2004/2005. Es ist zu vermuten, dass die Ursache hierfür in dem späteren Entwicklungsstadium der 2007er Versuche mit deutlich dichterem Blattwerk liegt

Bei den Beerenbelägen (Abb. 12), ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier war mehrheitlich die Variante mit höherer Luftleistung der mit niedrigerer überlegen.

Die differenziertere Betrachtung der Beläge in zu- und abgewandter Seite der Rebzeile (Abb. 13) gibt Aufschluss über das unterschiedliche Anlagerungsverhalten von Blättern und Trauben. Während die Blattunterseite auf der abgewandten Laubwandhälfte die höchsten Beläge aufweist, treten sie bei Beeren auf der dem Gerät

Ergebnisse

zugewandten Seite auf. Dies war auch zu erwarten, da bei Trauben nicht in Vorder- und Rückseite unterschieden wurde (wie bei Blättern). Für die Tropfenwolke war die Traubenvorderseite leichter zu erreichen, als die Rückseite. Eine Erklärung für die insgesamt höheren Beläge bei Gebläsestufe 2 ist dies allerdings nicht. Die Ursache kann nur vermutet werden. Es könnte relevant sein, dass viel Gebläseluft die abschirmenden Blätter intensiver bewegt, so dass die Trauben auf beiden Seiten der Rebzeile besser zugänglich sind. Für eine sichere Interpretation sind weitere Untersuchungen erforderlich. Bei entblätterter Traubenzone könnte sich das Anlageverhalten evtl. etwas anders darstellen.

Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse scheint bei zweireihiger Applikation und in voll entwickelten Rebanlagen mit den heutigen Gebläsetypen eine höhere Luftleistung günstiger zu sein als eine niedrigere Luftleistung. Grob tropfige Applikation kann eine Laubwand besser durchdringen als fein tropfige. Es ist ferner zu berücksichtigen, dass alle Messungen in Anlagen durchgeführt wurden, die nicht entblättert waren.

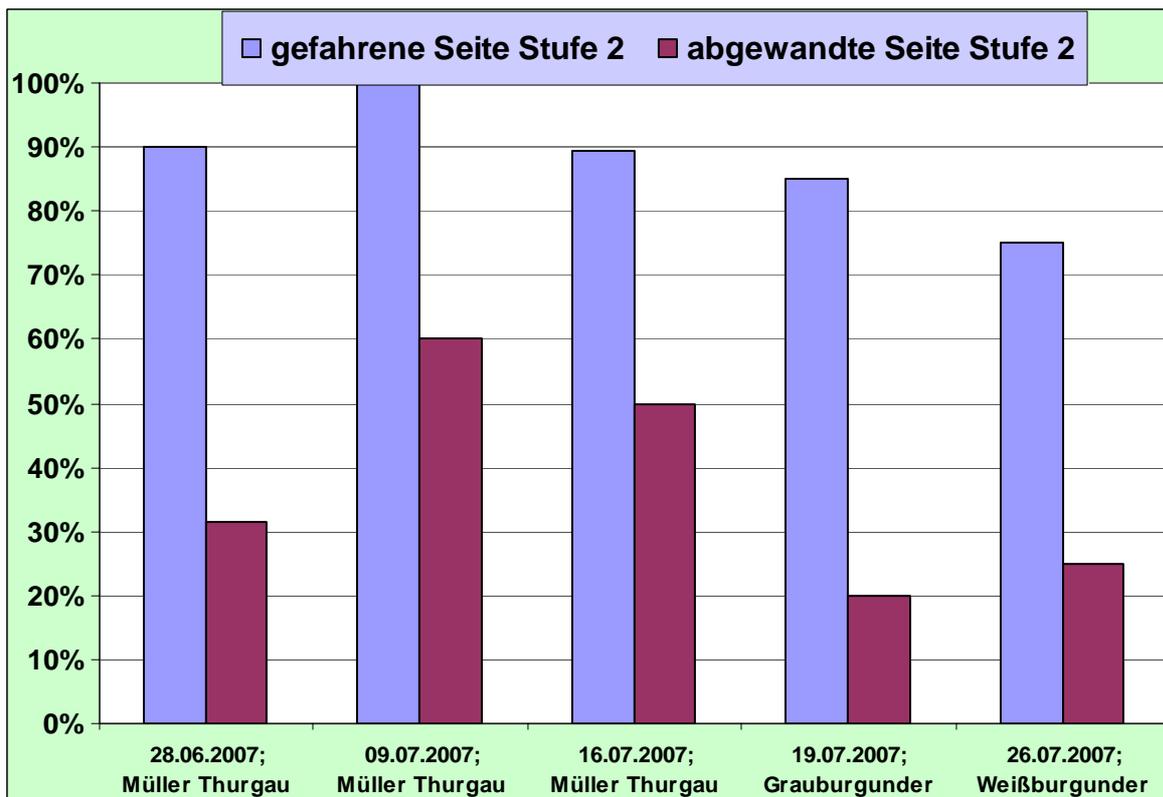
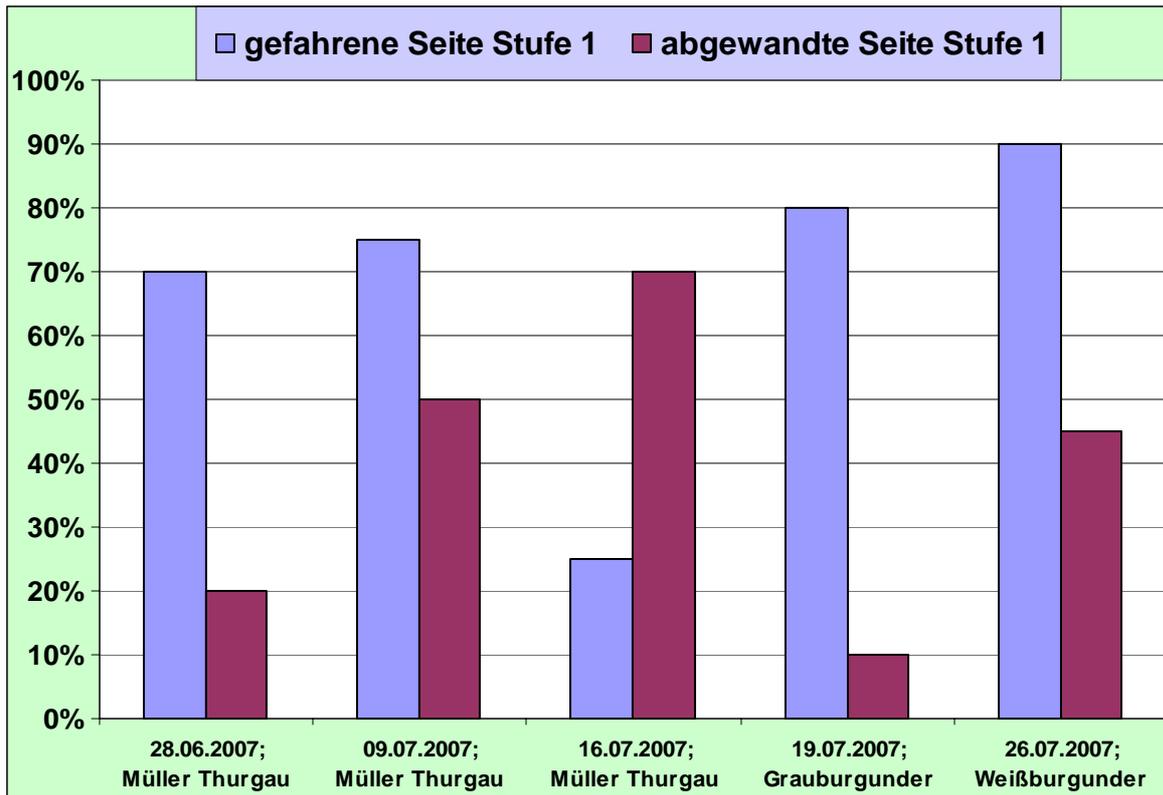


Abb. 13: Anteil Beeren mit Belägen > 3% in der gefährten und abgewandten Seite der Rebzeile. Applikation erfolgte in jeder 2. Reihe. Oben: Gebläsestufe 1; Unten: Gebläsestufe 2

4 Fazit

Die bisherigen Messungen geben erst ansatzweise Antworten auf alle Versuchsfragen. Schnittmaßnahmen, Sorte, Wüchsigkeit und Bestandesunterschiede sind im Weinbau sehr unterschiedlich, so dass derzeit trotz der sehr vielen Versuche nur in Teilbereichen einigermaßen gesicherte Aussagen möglich sind.

So war z.B. die Anlagerung von grob tropfig zerstäubenden Düsen im Durchschnitt mindestens gleich gut als bei fein tropfiger Applikation. Da bei vielen Wirksamkeitsversuchen auch keine Unterschiede festgestellt wurden, steht einer Umrüstung nichts mehr im Wege.

Weiterhin lässt sich sagen, dass bei der Applikation jeder Reihe, die Beläge auf allen Zielobjekten deutlich höher sind als bei der zweireihigen Applikation. Dies gilt für Blattunterseiten in gleichem Maß wie für Trauben bzw. Beeren.

Bei der zweireihigen Behandlung wird auf der dem Gerät abgewandten Seite der Laubwand eine deutlich höhere Stoffmenge auf den Blattunterseiten angelagert, als auf der gefahrenen Seite. Bei den Trauben ist dies umgekehrt. Hieraus eine Handlungsanweisung für den Anwender abzuleiten ist z. Z. noch nicht möglich.

In den Entwicklungsstadien bis zur Blüte ist eine Wasseraufwandmenge von max. 150 l/ha ausreichend. Höhere Flüssigkeitsmengen verbessern die Beläge auf der Blattunterseite nicht, sind aber auch nicht nachteilig für die Belagsbildung. Bedeutsame Abtropfverluste gibt es nur auf der Blattvorderseite, die aber phytopathologisch weniger bedeutend ist.

Weitere Untersuchungen sind notwendig, um klare Aussagen hinsichtlich der richtigen Gebläseeinstellung bei zweiseitiger Applikation zu treffen.