

Neben seiner umfangreichen Forschungs- und Lehrtätigkeit war Prof. Moser maßgeblich an der Einrichtung des Sonderforschungsbereiches "Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion" und am Aufbau des nur in Hohenheim angebotenen Studienganges "Agrartechnik" innerhalb des Agrarwissenschaftlichen Studiums beteiligt. Beides hat die Entwicklung des Instituts für Agrartechnik und die hier durchgeführten Forschungsarbeiten entscheidend beeinflußt. Während seiner Zeit als Geschäftsführender Direktor des Instituts für Agrartechnik von 1973 bis 1977 konnte er trotz vieler Stellenstreichungen an der Universität den Bestand des Instituts weitgehend erhalten und damit auch die Voraussetzungen für unsere jetzige Arbeit schaffen.

Prof. Moser liefert mit zahlreichen Auslandskontakten und bilateralen Forschungsvorhaben einen wesentlichen Beitrag zu den schon

lange in Hohenheim gepflegten Beziehungen zu ausländischen Institutionen und zur Arbeit des Tropenzentrums. Prof. Moser bearbeitet Projekte in China, der Türkei, in Israel, in Marokko, in Bangladesch und Ägypten. Durch eine langjährige Mitarbeit in verschiedenen landtechnischen Arbeitskreisen, Ausschüssen und Beiräten setzt Prof. Moser sich immer wieder für die Belange der Landtechnik ein.

Wir, die Kollegen in Hohenheim und die ehemaligen und jetzigen Mitarbeiter des Instituts für Agrartechnik, wünschen Herrn Prof. Moser, der seit 1985 wieder Geschäftsführender Direktor unseres Instituts ist, für die Zukunft Gesundheit, persönliches Wohlergehen und weiterhin viel Freude bei seinen vielfältigen Aufgaben in Forschung und Lehre. Wir danken ihm für seinen unermüdeten Einsatz für das Institut für Agrartechnik.

Prof. Dr.-Ing. H.-D. Kutzbach

Tangentialgebläse zur Pflanzenschutzmittelapplikation im Weinbau

Von Gerhard Bäcker, Geisenheim*)

Professor Dr.-Ing. Eberhard Moser zum 60. Geburtstag

DK 631.348:632.934.1:634.8:621.61

Die steigenden Anforderungen, die aus phytopathologischer, aus umwelthygienischer und aus ökonomischer Sicht an die Applikationstechnik gestellt werden, zielen auf einen möglichst effizienten und sparsamen Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln ab. Sowohl die Wirkstoffverluste durch Abdrift und Bodenkontamination als auch die durch schlechte Verteilung bedingten, lokal überhöhten und damit unproduktiven Wirkstoffdepots auf den Zielflächen müssen auf ein Minimum begrenzt werden. Dazu können neben verfeinerten Methoden der Tropfenerzeugung vor allem verbesserte Tropfentransportverfahren beitragen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Anlagerungsverhaltens und zur Verminderung der Wirkstoffverluste beim Transport der Tropfen vom Zerstäuber zur Zielfläche besteht in der Optimierung des Trägerluftstroms. Als Alternative zu den verbreiteten Axial- und Radialgebläsen werden deshalb Tangentialgebläse zur Trägerluftstromerzeugung eingesetzt.

1. Einleitung

Das Tangentialgebläse, auch Querstromgebläse genannt, unterscheidet sich strömungstechnisch grundlegend von anderen Gebläsebauarten. Seine Entwicklung geht auf *Mortier* [1, 2] zurück, der erstmals 1892 die Funktionsweise dieses Lüfters beschrieb. Die Besonderheit besteht darin, daß der Läufer zweimal vom geförderten Luftvolumen durchströmt wird.

Die erste praktische Anwendung erfolgte um die Jahrhundertwende zur Stollenbelüftung im Bergbau, wobei das Tangentialgebläse allerdings schon bald von besser geeigneten Lüftern verdrängt wur-

de [3, 4]. Das Prinzip des zweimal durchströmten Läufers wurde erst mit zunehmender Bedeutung der Lüftungs- und Klimatechnik wiederentdeckt. Abgesehen von einigen ausländischen Entwicklungsansätzen, die jedoch nicht weiterverfolgt wurden, werden seit nunmehr vier Jahren Tangentialgebläse bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln eingesetzt [5, 6, 7]. Während sich ihr Einsatz zunächst auf den Weinbau beschränkte, werden inzwischen auch andere Raumkulturen mit Tangentialgebläsen behandelt. Die nachfolgenden Ausführungen sollen sich jedoch auf den Einsatz im Weinbau beschränken.

2. Die Rebkultur als Zielfläche

Im chemischen Pflanzenschutz stellt jede Kulturart ganz bestimmte Ansprüche an das Ausbringverfahren. Grundsätzlich ist bei der Raumbehandlung, im Vergleich mit der Flächenbehandlung, das Zielobjekt wesentlich komplexer aufgebaut. Unterschiedliche Tropfentransportwege zu den einzelnen Pflanzenteilen hin sowie unterschiedliche Anströmrichtungen und -geschwindigkeiten beeinflussen das Anlagerungsverhalten und die Gleichmäßigkeit der Wirkstoffverteilung. Darüber hinaus ist bei der Raumbehandlung der Wirkstoffanteil, der das Zielobjekt verfehlt und am Boden sedimentiert oder in die Atmosphäre verschwebt, erheblich größer als bei der Flächenbehandlung.

Neben den allgemeinen Kriterien für Raumkulturen muß sich die Ausbringtechnik im Weinbau an den für die Rebe spezifischen Verhältnissen orientieren, die durch die Morphologie und die Anbausysteme einerseits und durch das Verhalten der Schadorganismen andererseits gekennzeichnet sind. Als Folge davon unterliegt die Art der Wirkstoffverteilung bestimmten Anforderungen, denen die Gerätetechnik Rechnung zu tragen hat.

Die geometrischen Abmessungen der einheimischen Erziehungsarten ermöglichen den Einsatz von Sprüheräten mit relativ geringer Luftleistung. Da die Laubwandhöhe kaum 2,00 m überschreitet, ist eine gleichmäßige vertikale Verteilung des Wirkstoffes bis hin zur Gipfelzone ohne weiteres gewährleistet. Im Gegensatz zu Obst- oder Hopfenkulturen liegt das Problem im Weinbau mehr im Bereich der Wirkstoff-Feinverteilung.

*) Dr. G. Bäcker arbeitet im Institut für Technik der Forschungsanstalt für Weinbau, Gartenbau, Getränketechnologie und Landespflanze Geisenheim.

Die Rebe entwickelt sehr große Blattspreiten, die zudem noch so angeordnet sind, daß sie das Innere der Laubwand und die Fruchtansätze wie ein Dach abschirmen. Die meisten Schaderreger befallen jedoch bevorzugt die nach innen gekehrten Blattunterseiten oder die Trauben. Da im Weinbau fast ausschließlich Präparate mit Kontaktwirkung eingesetzt werden, muß der Wirkstoff direkt am Infektionsort deponiert werden. Das Verteilungsproblem besteht nun darin, daß der größte Wirkstoffanteil an den Blattoberseiten angelagert wird. Um an den für Sprühteilchen schwer zugänglichen Zielflächen einen ausreichenden Belag zu erzielen, ist der Wirkstoffaufwand von vornherein entsprechend hoch bemessen. Daß infolge dessen an den leicht zugänglichen Blattoberseiten unnötig viel Wirkstoff angelagert wird, liegt auf der Hand. Sowohl aus wirtschaftlichen wie auch aus umwelthygienischen Gründen hat deshalb die Verschiebung der Anlagerungsrate zugunsten der benachteiligten Zielpositionen im Rahmen der Optimierung der Ausbringungstechnik vorrangige Bedeutung. Ansatzpunkte hierfür bieten sich einmal im Bereich der Tropfenerzeugung und der Bemessung des Trägerflüssigkeitsvolumens, vor allem aber im Bereich der Trägerluftstromerzeugung.

Bei der Tropfenerzeugung werden möglichst feintropfige Sprays angestrebt, die aufgrund ihrer höheren Penetrationsfähigkeit besser die schwer zugänglichen Zielpositionen erreichen. Gleichzeitig schaffen sie die Voraussetzungen für eine Verminderung des Trägerflüssigkeitsvolumens, so daß die Wirkstoffverluste durch abtropfende Brühe weitgehend unterbunden werden können. Allerdings ist hierbei darauf zu achten, daß geeignete Zerstäubersysteme mit möglichst engen Tropfenspektren Anwendung finden, um den Anteil extrem feiner, driftgefährdeter Tropfen auf ein Minimum zu begrenzen.

Da der Trägerluftstrom den entscheidenden Faktor für die Qualität der Wirkstoffverteilung darstellt, muß die Möglichkeit einer gezielten Ausrichtung, einer der Bestandeshöhe entsprechenden, exakten Begrenzung sowie einer der Bestandesdichte angepaßten Dosierung der Luftgeschwindigkeit gegeben sein. Untersuchungen der TU Berlin [8, 9] haben gezeigt, daß gerade im Weinbau die Qualität der Wirkstoffanlagerung und -verteilung entscheidend verbessert werden kann, wenn die Laubwand schräg zur Fahrtrichtung in einem Winkel von 45–60° angeströmt wird. Eine exakte Abgrenzung des Sprühstrahls im oberen Austrittsbereich soll verhindern, daß Sprühteilchen über die Gipfelzone hinausgetragen werden und der Abdriftgefahr ausgesetzt sind. Durch entsprechende Dosierung der Luftaustrittsgeschwindigkeit kann der Sprühstrahl an das Vegetationsstadium und die Wüchsigkeit des Rebbestandes angepaßt werden. Inwieweit Tangentialgebläse diesen Anforderungen entsprechen, soll im folgenden anhand der strömungstechnischen Eigenschaften aufgezeigt und durch Versuchsergebnisse untermauert werden.

3. Tangentialgebläse im Pflanzenschutz

3.1 Bewertung herkömmlicher Gebläsebauarten

Der Grund für die Einführung von Tangentialgebläsen bestand darin, daß die herkömmlichen Sprühgebläse, also Axialgebläse und Radialgebläse kaum in der Lage sind, einen Trägerluftstrom zu erzeugen, der den genannten Anforderungen in vollem Umfang entspricht. Bereits Anfang der 70er Jahre konnte Moser [10, 11] anhand umfangreicher Grundlagenuntersuchungen an Sprühgebläsen auf die strömungstechnischen Nachteile dieser Maschinen hinweisen, die sich auch im Praxiseinsatz deutlich bemerkbar machen.

Beim Radialgebläse wird die Luft in Achsrichtung angesaugt. Im Läufer wird sie in radialer Richtung beschleunigt und formiert sich im Gebläsemantel zu einer zylinderförmigen Strömung. Der Luftstrom kann am Gebläseausgang abgegriffen und in beliebiger Weise umgelenkt, geführt oder ausgerichtet werden. Trotz dieses Vorteils muß die Anwendung von Radialgebläsen im weinbaulichen Pflanzenschutz eher kritisch beurteilt werden, wobei der Grund dafür in dem ungünstigen Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Luftmenge zu sehen ist. Bei Luftaustrittsgeschwindigkeiten bis zu

100 m/s beträgt das Luftfördervolumen in der Regel nur 4000 bis 6000 m³/h. Durch die hohen Luftgeschwindigkeiten bestehen, besonders für feine Tropfen, erschwerte Anlagerungsbedingungen. Die Gleichmäßigkeit der Wirkstoffverteilung ist aufgrund des geringen Luftvolumens häufig unzureichend.

Beim konventionellen Axialgebläse, das im Weinbau nach wie vor die größte Bedeutung hat, wird die Luft gegen die Fahrtrichtung angesaugt und in axialer Richtung beschleunigt. Hinter dem Läufer wird der Luftstrom um 90° umgelenkt und als ebene Quellströmung ausgeblasen. Bei Luftaustrittsgeschwindigkeiten zwischen 20 und 30 m/s beträgt das Luftfördervolumen je nach Größenkategorie zwischen 15000 und 30000 m³/h. Ein gravierender Nachteil, insbesondere unter umwelthygienischen Aspekten, besteht beim Axialgebläse darin, daß im oberen Teil des Luftaustrittsbereiches der Luftstrom steil aufwärts gerichtet ist, so daß ein sehr hoher Wirkstoffanteil über die Gipfelzone des Bestandes hinausgetragen wird. Da eine wirkungsvolle Begrenzung des Sprühstrahles bei herkömmlichen Axialgebläsen mit einem vertretbaren konstruktiven Aufwand nicht möglich ist, muß bei diesen Maschinen die gerätebedingte Abdriftdisposition sehr hoch eingestuft werden. Weiterhin ist zu bemängeln, daß die Rebreihe nur im Winkel von 90° angeströmt und nicht der bereits erwähnte optimale Anströmwinkel von 45–60° eingestellt werden kann. Schließlich ist ein Nachteil beim Axialgebläse darin zu sehen, daß aufgrund der Drehrichtung des Rotors auf beiden Seiten unterschiedliche Strömungsverhältnisse herrschen, so daß der Wirkstoff nicht nach beiden Seiten hin gleichmäßig appliziert wird.

Mit dem sogenannten Umkehraxialgebläse, das den Luftstrom von vorne ansaugt und über ein entsprechend ausgebildetes Luftleitsystem schräg nach hinten ausbläst, wird zwar ein günstigerer Anströmwinkel der Laubwand und damit eine verbesserte Wirkstoffanlagerung an den benachteiligten Zielpositionen erzielt, der Wirkstoffaustrag über der Gipfelzone kann mit diesem Gebläsekonzept jedoch kaum reduziert werden.

3.2 Strömungsverhalten von Tangentialgebläsen

Die allgemeinen Vorteile von Tangentialgebläsen bestehen in dem gleichmäßigen Strömungsprofil entlang der Luftaustrittsöffnung sowie in der außerordentlich geräuscharmen Arbeitsweise. Als Nachteil muß dafür eine gewisse Instabilität im Kennlinienverlauf in Kauf genommen werden. Dies äußert sich darin, daß bei konstanter Drehzahl mit der Verminderung der Luftfördermenge infolge eines erhöhten Luftwiderstandes am Gebläseausgang innerhalb eines bestimmten Betriebsbereiches eine Abnahme des statischen Druckes einhergeht, was im Extremfall zu einem Abreißen der Strömung führen kann.

Bild 1 zeigt den Kennlinienverlauf eines Tangentialgebläses bei verschiedenen Drehzahlen und zum Vergleich (unterbrochene Kurve) die wesentlich stabilere Kennlinie eines Axiallüfters vergleichbarer Größe. Bei entsprechender Ausbildung der Wirbelzone lassen sich unter Inkaufnahme eines ungünstigeren energetischen Wirkungsgrades und einer erhöhten Geräuschkentwicklung für bestimmte Anwendungsgebiete auch stabilere Kennlinien erzeugen [3, 4]. Bei der Anwendung als Sprühgebläse ist dies jedoch nicht erforderlich, da die am Gebläseausgang angeordneten Zerstäuber dem Luftstrom kaum einen Widerstand entgegensetzen, so daß der Betriebspunkt immer im Bereich eines relativ stabilen Kennlinienverlaufes liegt.

Die für die Applikationsqualität entscheidenden Parameter Luftmenge und Luftgeschwindigkeit sind in Bild 2 in Abhängigkeit von der Drehzahl für einen Gebläsetyp mit einem Läuferdurchmesser von 150 mm und einer Läuferlänge von 1,25 m dargestellt. Bei einer Drehzahl von 1800 min⁻¹ entspricht die Luftaustrittsgeschwindigkeit mit 25 m/s in etwa der eines Axiallüfters, wie er im Weinbau eingesetzt wird. Bei einem Luftvolumenstrom von etwa 10000 m³/h erbringt somit ein mit zwei Tangentialgebläsen ausgestattetes Sprühgerät ungefähr die gleiche Luftleistung wie ein Axialgerät der im Weinbau üblichen Größenkategorie. Da jedoch weniger

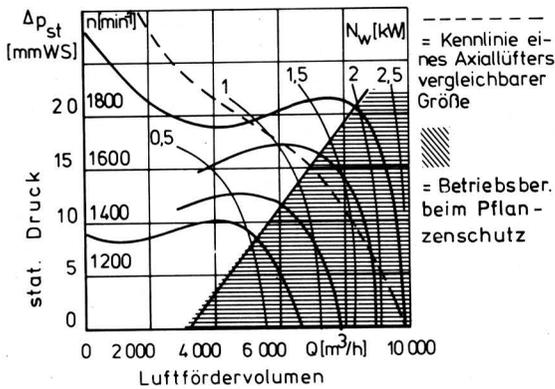


Bild 1. Kennfeld eines Tangentialgebläses mit Linien gleicher Drehzahl und Linien gleicher Leistung, zum Vergleich (---) Kennlinie eines Axialgebläses vergleichbarer Größe, schraffiert ist der Betriebsbereich beim Pflanzenschutz.

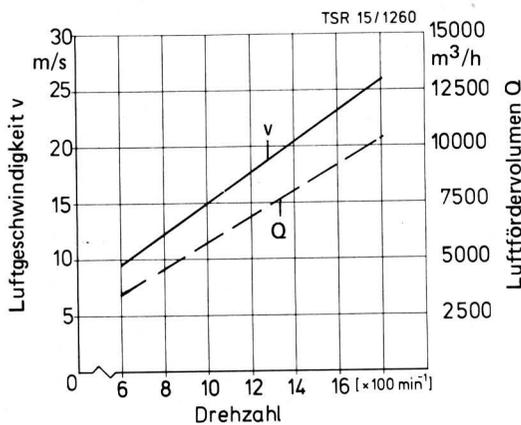


Bild 2. Luftgeschwindigkeit und Luftförderstrom als Funktion der Drehzahl für ein Tangentialgebläse (TSR 15/1260; Läuferdurchmesser 150 mm, Läuferlänge 1250 mm).

Luft unkontrolliert verblasen wird und praktisch der gesamte Luftvolumenstrom als Trägerluftstrom genutzt werden kann, ist eine wesentlich bessere Durchdringung des Bestandes gewährleistet. Je nach Bestandesdichte wird häufig schon mit einer Drehzahl von 1200–1400 min^{-1} bei erheblich verminderter Leistungsaufnahme ein ausreichender Trägerluftstrom erzeugt.

Das in **Bild 3** dargestellte Strömungsprofil zeigt, daß der Luftstrom horizontal austritt, wobei über die gesamte Spaltlänge nahezu gleiche Luftgeschwindigkeiten herrschen. Die Laubwand wird damit in ihrer gesamten Höhe gleichmäßig angeströmt. Im oberen Arbeitsbereich tritt keine aufwärts gerichtete Strömungskomponente auf, so daß der über den Bestand hinausgetragene und der Abdriftgefahr ausgesetzte Wirkstoffanteil im Vergleich zu herkömmlichen Geräten verschwindend gering ist. Durch Verschwenken der Gebläse kann der Anströmwinkel der Laubwand ohne besondere Luftleiteinrichtungen so eingestellt werden, daß in Verbindung mit einem entsprechend dosierten Luftstrom eine optimale Anpassung an das Vegetationsstadium, die Wüchsigkeit und die Erziehungsart erreicht wird. Auch die Schadstoffbelastung des Anwenders wird durch den nach hinten gerichteten Sprühstrahl erheblich vermindert. Den umwelthygienischen Belangen trägt somit das Tangentialgebläse in vollem Umfang Rechnung.

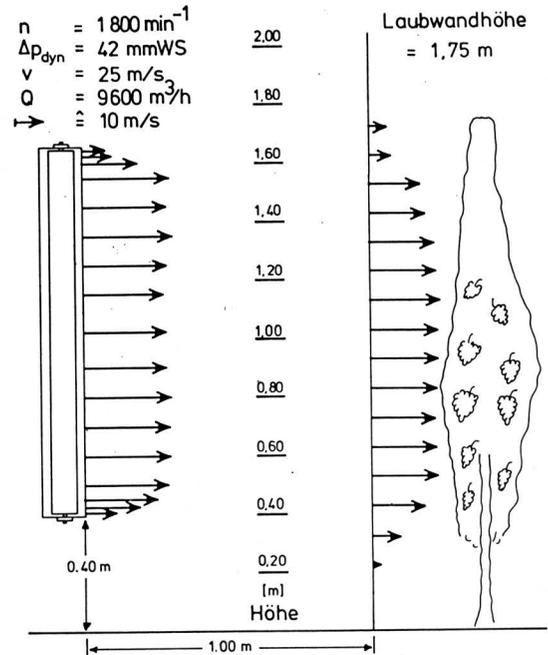


Bild 3. Strömungsprofil eines Tangentialgebläses.

3.3 Konzeption eines Sprüngerätes

Ein im Eigenbau erstelltes Versuchsgesetz [12] war mit zwei Tangentialgebläsen von 1,25 m Länge ausgestattet, **Bild 4**. Beide Gebläse waren seitlich verschiebbar und um die Achse verschwenkbar, so daß sowohl der Abstand zur Zielfläche als auch der Anströmwinkel den jeweiligen Einsatzbedingungen angepaßt werden konnte. Jedes Gebläse war mit fünf Düsenstationen ausgestattet. Der Antrieb erfolgte über Hydromotoren, deren Drehzahl stufenlos geregelt werden konnte. Pumpe, Dosiereinrichtung und Behälter entsprachen denen konventioneller Geräte.

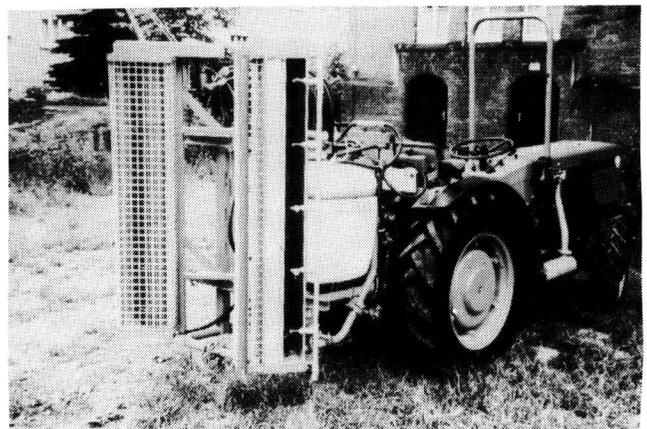


Bild 4. Sprüngerät mit 2 Tangentialgebläsen, Versuchsgesetz.

Die inzwischen im Handel befindlichen Geräte, **Bild 5**, sind mit Gebläsen der gleichen Baureihe ausgestattet. Lediglich der Läufer wurde auf 1,50 m verlängert, so daß mit dieser Geräteversion auch größere Laubwandhöhen abgedeckt werden können. Die fünf Düsenstationen pro Gebläse wurden beibehalten. Im Gegensatz zum Versuchsgesetz sind bei den industriell gefertigten Geräten die Gebläse so angeordnet, daß die Luft von vorne angesaugt wird, um eine Aufnahme von Sprühteilchen zu verhindern.

Der Antrieb der Gebläse erfolgt bei Schlepperanbaugeräten hydraulisch. Bei einem Ölvolumenstrom von 20 l/min und einer Leistungsaufnahme von etwa 6 kW erreichen die Gebläse eine Drehzahl von etwa 2000 min⁻¹. Das maximale Luftförderervolumen beträgt ca. 28000 m³/h bei einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von knapp 30 m/s. Hinsichtlich der Luftleistung ist damit das Tangentialgerät mit einem Axialgerät der im Weinbau üblichen Größenkategorie vergleichbar.



Bild 5. Serienmäßiges Sprühergerät mit 2 Tangentialgebläsen.

4. Applikationstechnische Leistung von Tangentialgeräten

4.1 Wirkstoffverteilung und Belagsqualität

Zur vergleichenden Beurteilung der Wirkstoffverteilung und der Belagsqualität wurden in mehrjährigen Versuchen Belagsmessungen an verschiedenen Zielflächenpositionen durchgeführt. Der Nachweis der angelagerten Wirkstoffmengen erfolgte nach der bekannten Methode mit Hilfe der Fluorometrie. Als Markierungsmittel wurde der Farbstoff Brillantsulfoflavin (BSF) eingesetzt, der durch Abwaschen mit destilliertem Wasser von den Zielflächen aufgenommen, in einem Filterfluorometer quantitativ bestimmt und auf die Blattfläche bzw. auf die Beerenmasse bezogen wurde. Die BSF-Konzentration entsprach in allen Varianten einer Aufwandmenge von 1000 g/ha. Die Belagsmessungen erfolgten getrennt nach Blattoberseite und Blattunterseite für jede Meßposition an jeweils 100 Einzelblättern.

Zunächst wurden Messungen in einer mit der Sorte Müller-Thurgau bepflanzten Weitraumanlage (3,00 m Zeilenabstand) mit starker Wüchsigkeit und sehr dichtem Blattwerk durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Messung war die Laubwand voll ausgebildet. Die Beeren hatten etwa Schrotkorngröße (Entwicklungsstadium 29), damit besaßen die Trauben noch ein sehr hohes Retentionsvermögen für Sprühteilchen.

Das Tangentialgerät vom Typ QU 20 (1,50 m Läuferlänge) wurde mit einer Gebläsedrehzahl von 1800 min⁻¹ gefahren. Bei einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von 25 m/s betrug das Luftförderervolumen etwa 24000 m³/h. Zur Ausbringung der praxisüblichen Trägerflüssigkeitsmenge von 1000 l/ha (HV-Applikation) war das Gerät mit konventionellen Hohlkegeldüsen ausgestattet. Daneben

wurden Messungen mit einem auf 150 l/ha reduzierten Trägerflüssigkeitsvolumen (LV-Applikation) durchgeführt. Dazu wurden die Standarddüsen gegen Keramikdüsen mit integrierten Drallkörpern (Albuz AMTP 208) vertauscht. Die Tropfengrößenverteilung der eingesetzten Düsen in dem bei der Messung eingestellten Druckbereich ist aus Bild 6 ersichtlich. Die Fahrgeschwindigkeit lag bei allen Messungen bei 6,5 km/h.

Als Vergleichsgerät wurde ein Axialgerät vom Typ TU 50 eingesetzt, das in der Luftleistung dem Tangentialgerät entsprach. Auch Düsenbestückung, Geräteeinstellung und Fahrgeschwindigkeit waren wie beim Tangentialgerät gewählt.

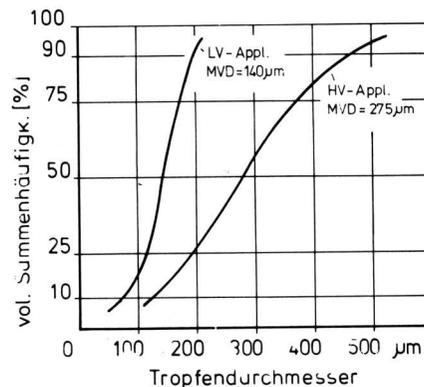


Bild 6. Tropfengrößenverteilung bei HV-Applikation (1000 l/ha) und LV-Applikation (150 l/ha).

In Bild 7 sind die Belagswerte für den im Weinbau relevanten Zielflächenbereich der Traubenzone, und zwar für die im Hinblick auf den Behandlungserfolg entscheidenden Positionen "Blattunterseite" und "Trauben" dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, daß das Tangentialgebläse dem Axialgebläse in jedem Falle überlegen ist. Für die reduzierten Trägerflüssigkeitsmengen konnten bei beiden Gebläsebauarten an den entscheidenden Zielflächenpositionen höhere Belagswerte nachgewiesen werden, was vermutlich sowohl auf die höhere Penetrationsfähigkeit feintropfigerer Sprays als auch auf die Verminderung der Wirkstoffverluste durch abtropfende Brühe zurückzuführen ist.

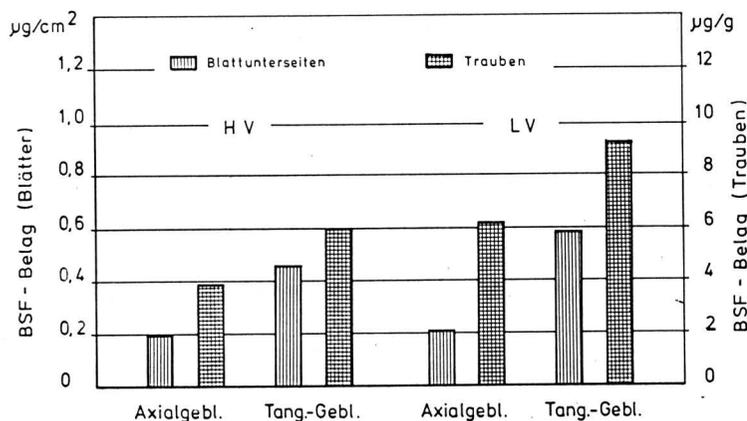


Bild 7. Wirkstoffanlagerung an Blättern und Trauben bei HV-Applikation (1000 l/ha) und LV-Applikation (150 l/ha), fluorimetrisch bestimmt als Belag von Brillantsulfoflavin (BSF), Aufwand 1 kg/ha.

Eine weitere Belagsmessung wurde zu einem späteren Zeitpunkt – kurz vor Traubenschluß (Entwicklungsstadium 33) – in einer Riesling-Weitraumanlage mit 2,70 m Zeilenabstand durchgeführt. Die Wüchsigkeit dieser Anlage war schwächer, so daß ein weniger dichtes Blattwerk vom Sprühstrahl zu durchdringen war. Düsenausstattung, Geräteeinstellung und Fahrgeschwindigkeit entsprachen der LV-Varianten des vorangegangenen Versuchs. Die aufgrund des geringeren Zeilenabstandes notwendig gewordene Druckkorrektur hatte keinen Einfluß auf die Tropfengrößenverteilung.

Neben dem Axialgerät wurde als weiteres Vergleichsgerät eine Maschine mit dem bereits erwähnten Umkehraxialgebläse eingesetzt, Bild 8. Dieses Gebläse, das von vorne ansaugt und den Luftstrom in einem Winkel von etwa 30° nach hinten gerichtet ausbläst, entspricht in der Ausgangsleistung in etwa dem konventionellen Axialgebläse. Auch Düsenbestückung, Druck und Fahrgeschwindigkeit waren während der Versuchsfahrten gleich denen beim konventionellen Axialgerät.

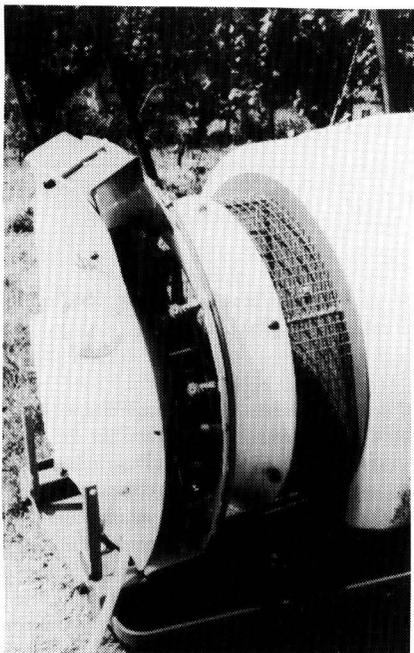


Bild 8. Sprühgerät mit "Umkehraxialgebläse", Trägerluftstrom schräg nach hinten gerichtet.

Die in Bild 9 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß der Belag an den Blattunterseiten beim Tangentialgerät wiederum erheblich höher ist als beim Standardgerät. Allerdings wurde das Tangentialgebläse hier noch geringfügig vom Umkehraxialgebläse übertroffen. Was die Wirkstoffanlagerung an den Trauben betrifft, so zeigen die Meßergebnisse, daß die Retentionsfähigkeit insgesamt mit fortschreitender Beerenentwicklung erheblich abgenommen hat. Unter diesen, dem Entwicklungsstadium entsprechend erschwerten Anlagerungsbedingungen wurden an den Trauben mit dem Tangentialgebläse die mit Abstand höchsten Belagswerte erzielt.

4.2 Bodenkontamination

Da die Sedimentation von Sprühteilchen auf dem Boden einerseits als Wirkstoffverlust zu Buche schlägt und andererseits die im Boden stattfindenden biologischen Abläufe beeinträchtigen kann, wurde in Verbindung mit Belagsmessungen auch das Ausmaß der Bodenkontamination ermittelt. Dazu wurden unter der Rebreihe, in der Gassenmitte sowie zwischen Rebreihe und Gassenmitte jeweils in zehnfacher Wiederholung Kunststoffschalen aufgestellt.

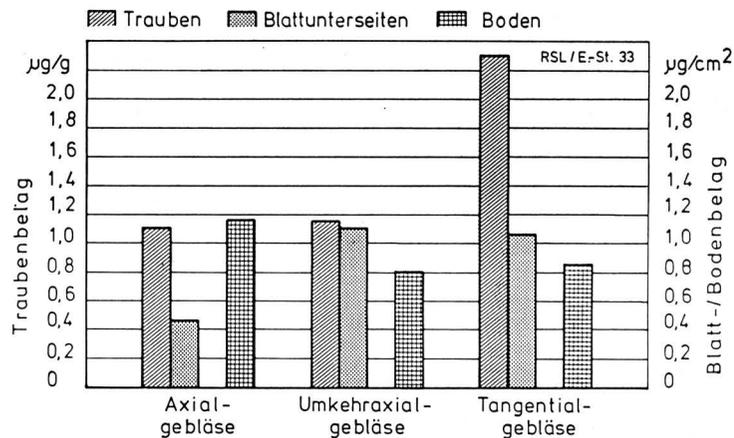


Bild 9. Anlagerung an Blättern und Trauben und Bodensedimentation des Wirkstoffs bei LV-Applikation (150 l/ha), fluorimetrisch bestimmt mit Brillantsulfoflavin (BSF) bei einem Aufwand von 1 kg/ha.

Der darin sedimentierte Wirkstoffanteil wurde fluorimetrisch bestimmt und das mittlere Bodensediment pro Flächeneinheit errechnet. Die Messungen wurden bei Applikation reduzierter Trägerflüssigkeitsmengen (150 l/ha) durchgeführt. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, daß keine Sprühflüssigkeit von den Rebstöcken abtropfte und nur derjenige Wirkstoffanteil erfaßt wurde, der direkt vom Gerät zum Boden gelangt.

Die in Bild 9 zusammen mit den Belagswerten dargestellten Ergebnisse zeigen, daß das Bodensediment beim Tangentialgebläse zwar geringer ist als beim Axialgebläse und etwa dem des Umkehraxialgebläses entspricht. Die an die günstigeren strömungstechnischen Voraussetzungen geknüpften Erwartungen wurden jedoch nicht erfüllt. Aller Wahrscheinlichkeit nach besteht der Grund darin, daß die Position der unteren Düsen zu nahe am Gebläseende lag, so daß ein Teil der Tropfen nicht vom Luftstrom erfaßt wurde und zu Boden schwebte. Eine Behebung dieses Fehlers ist jedoch ohne sonstige Nachteile möglich.

4.3 Abdrift

Die entscheidende verfahrensbedingte Einflußgröße für die Abdrift ist der Wirkstoffaustrag über der Gipfelzone des Bestandes. Wie Bild 10 zeigt, betrug der BSF-Belag auf Objektträgern, die in einer Höhe von 0,5 m über dem Bestand angebracht waren, sowohl bei HV-Applikation (1000 l/ha) als auch bei LV-Applikation (150 l/ha) beim Tangentialgebläse nur einen Bruchteil dessen, was beim Axialgebläse nachgewiesen wurde.

Zur eigentlichen Abdriftmessung wurden isokinetische Sonden eingesetzt. An Teleskopmasten im Abstand von 10 und 25 m auf der Leeseite der behandelten Zeilen waren die Sonden in 3, 5 und 6 m Höhe befestigt. Zwar gibt dieses Meßverfahren kaum Aufschluß über die tatsächliche Menge des gedrifteten Wirkstoffes, unter Berücksichtigung der während des Meßvorganges herrschenden Witterungsbedingungen und bei einer entsprechenden Anzahl von Wiederholungen ist ein Gerätevergleich jedoch ohne weiteres möglich. Als Witterungsdaten wurden Temperatur und relative Luftfeuchte bei jeder Messung festgehalten. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperaturgradient mußten, da sie kurzzeitigen Schwankungen unterworfen sind, während des gesamten Meßvorganges aufgezeichnet werden.

In Bild 11 und 12 sind Meßergebnisse aus dem Jahr 1985 dargestellt, wobei diejenigen ausgewählt wurden, die unter annähernd gleichen Witterungsbedingungen entstanden. Sowohl bei der HV-Applikation mit 1000 l/ha Trägerflüssigkeitsaufwand (Bild 11) als auch bei der feintropfigeren LV-Applikation mit 150 l/ha Trägerflüssigkeitsaufwand (Bild 12) wurden beim Einsatz des Tangentialgebläses an allen Meßpositionen kleinere Mengen des Tracers BSF gefunden als beim Axialgerät. Da die im Jahr 1985 ermittelten

Werte die Meßergebnisse vorangegangener Jahre bestätigen, steht fest, daß die Umweltbelastung durch Abdrift beim Einsatz von Sprüheräten mit Tangentialgebläsen erheblich geringer ist als beim Einsatz herkömmlicher Geräte.

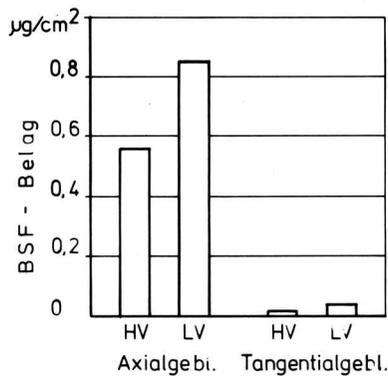


Bild 10. Wirkstoffaustrag oberhalb des Bestandes, bestimmt als Belag von Brillantsulfoflavin (BSF) auf Auffangflächen 0,5 m oberhalb des Bestandes, BSF-Aufwand 1 kg/ha.

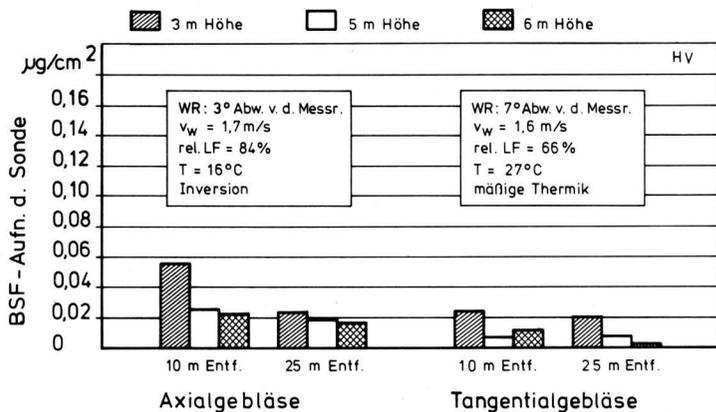


Bild 11. Abdrift von Wirkstoff bei der HV-Applikation (1000 l/ha), fluorimetrisch bestimmt als Belag von Brillantsulfoflavin (BSF) auf den Filterflächen isokinetischer Sonden in 3; 5 und 6 m Höhe in 10 und 25 m Entfernung von der behandelten Rebzeile.

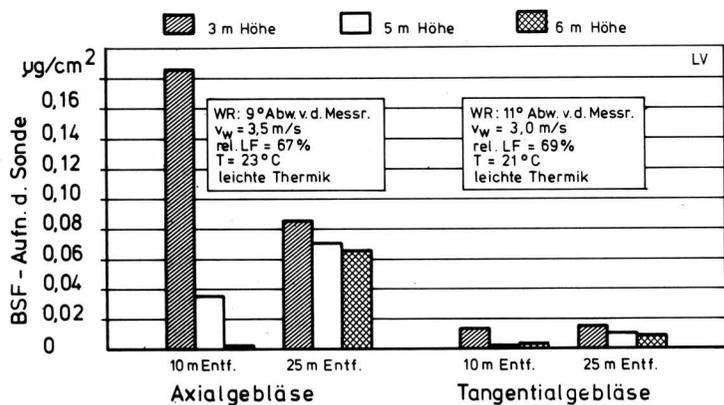


Bild 12. Abdrift von Wirkstoff bei der LV-Applikation (150 l/ha), fluorimetrisch bestimmt als Belag von Brillantsulfoflavin (BSF) auf den Filterflächen isokinetischer Sonden in 3; 5 und 6 m Höhe in 10 und 25 m Entfernung von der behandelten Rebzeile.

5. Biologische Leistung von Tangentialgeräten

Das entscheidende Kriterium bei der Beurteilung eines Applikationsverfahrens aus der Sicht der Praxis ist der Behandlungserfolg. Um den Einfluß der besseren Applikationsqualität auf die biologische Wirksamkeit zu quantifizieren, wurde in mehrjährigen Versuchen das Tangentialgerät unter praxisüblichen Einsatzbedingungen mit dem Axialgerät verglichen. Die Untersuchungen wurden in unmittelbarer Nähe des Rheines auf einem Standort mit einer extrem hohen Disposition für den Befall des Weines mit Pilzkrankheiten durchgeführt. Die Versuchsflächen waren mit den relativ stark befallsgefährdeten Rebsorten Müller-Thurgau und Kerner bestückt. Zur Anwendung kamen ausschließlich praxisübliche Präparate, wobei die Behandlungstermine nach den Empfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes festgelegt wurden.

Die Versuche wurden auf Befall mit Ephem Mehltau (*Oidium tuckeri*), Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) und sofern vorhanden auch auf Befall mit Falschem Mehltau (*Plasmopara viticola*) hin ausgewertet. In den nachfolgend aufgeführten Ergebnissen ist die biologische Wirksamkeit als *Abbottscher Wirkungsgrad* angegeben:

$$\eta_A = \frac{\text{Befallsstärke (unbehandelt)} - \text{Befallsstärke (behandelt)}}{\text{Befallsstärke (unbehandelt)}} \times 100 \%$$

Die Bonituren der Befallsstärke wurden in vierfacher Wiederholung durchgeführt, wobei sich jede Wiederholung auf 400 Einzeltrauben erstreckte.

Bild 13 zeigt den Wirkungsgrad der Pflanzenbehandlung gegen *Plasmopara* (Blattbefall), *Oidium* und *Botrytis* bei der Sorte Kerner bei einem Trägerflüssigkeitsvolumen von 1000 l/ha. Während gegen *Oidium* mit beiden Gerätevarianten eine nahezu hundertprozentige Wirkung erzielt wurde, zeigte bei der *Plasmopara*- und *Botrytis*bekämpfung das Tangentialgeräte eine deutliche Überlegenheit.

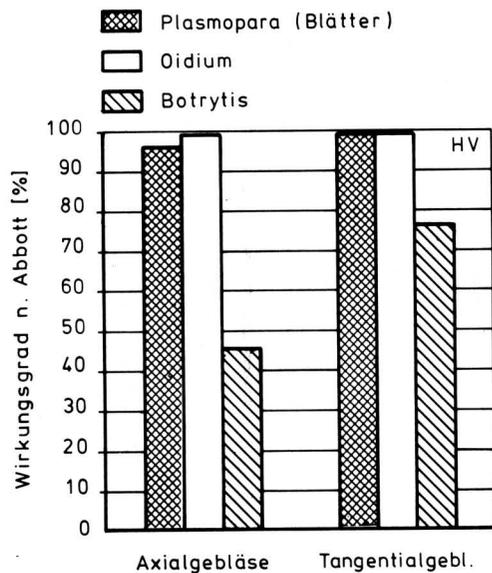


Bild 13. Biologische Wirksamkeit (Wirkungsgrad nach Abbott) einer HV-Applikation (1000 l/ha) bei der Rebsorte Kerner.

In **Bild 14** ist die Wirkung der Pflanzenbehandlung gegen *Oidium* und *Botrytis* mit Trägerflüssigkeitsmengen von 1000 l/ha und 150 l/ha bei der Sorte Müller-Thurgau dargestellt. Auch hier war das Tangentialgerät dem Axialgerät eindeutig überlegen.

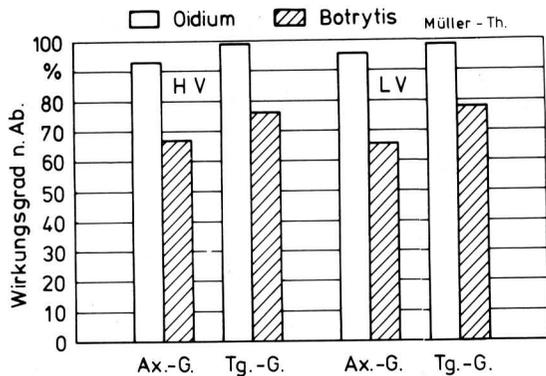


Bild 14. Biologische Wirksamkeit (Wirkungsgrad nach *Abbot*) einer HV- bzw. LV-Applikation (1000 l/ha bzw. 150 l/ha) bei der Rebsorte Müller-Thurgau.

Die naheliegende Vermutung, daß die applikationstechnische Überlegenheit der Tangentialgebläse für eine Verminderung des Wirkstoffaufwands genutzt werden kann, bestätigen die in **Bild 15** dargestellten Ergebnisse. Sie zeigen, daß mit dem Tangentialgerät bei der Botrytisbekämpfung mit 75 % der praxisüblichen Wirkstoffaufwandmenge ein besserer Behandlungserfolg erzielt wurde als mit dem Standardgerät bei voller Wirkstoffaufwandmenge. Erst bei einer Reduzierung des Wirkstoffaufwandes auf 50 % lag der Wirkungsgrad des Tangentialgerätes unter dem des Axialgerätes. Da bekanntlich gerade bei der Botrytisbekämpfung der Wirkstoffaufwand den Behandlungserfolg wesentlich beeinflusst, ist diesen Ergebnissen besondere Bedeutung beizumessen. Grundsätzlich kann also davon ausgegangen werden, daß mit Tangentialgebläsen Wirkstoffeinsparungen von mindestens 25 % ohne Beeinflussung der biologischen Leistung des Behandlungsverfahrens möglich sind.

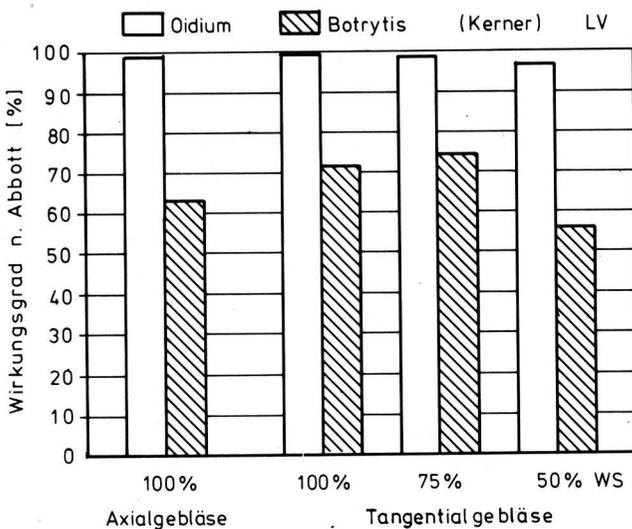


Bild 15. Biologische Wirksamkeit (Wirkungsgrad nach *Abbot*) der LV-Applikation (150 l/ha) bei Reduzierung des Wirkstoffaufwandes.

6. Zusammenfassung

Beim Pflanzenschutz im Weinbau stellen Tangentialgebläse eine interessante Alternative zu herkömmlichen Sprühgebläsen dar. Ihre strömungstechnischen Eigenschaften ermöglichen die Einstellung eines optimalen Anströmwinkels zur Zielfläche. Der horizontal ausgerichtete und nach oben hin scharf abgegrenzte Luftstrom verhindert weitgehend, daß Sprühteilchen über die Gipfelzone des Bestandes hinausgetragen werden und der Abdriftgefahr ausgesetzt sind. Durch stufenlose Regelung der Gebläsedrehzahl kann der Luftstrom genau dosiert und den jeweiligen Einsatzbedingungen angepaßt werden.

Im Verlauf der mehrjährigen Erprobung hat sich gezeigt, daß mit diesen Geräten das Anlagerungsverhalten der Sprühteilchen verbessert, die Wirkstoffverteilung zugunsten der benachteiligten Zielflächenpositionen verschoben und das Ausmaß der Wirkstoffverluste durch Abdrift und Bodenkontamination vermindert werden kann. Tangentialgebläse schaffen damit die Voraussetzung für einen effizienteren und umweltfreundlicheren Einsatz chemischer Mittel beim Pflanzenschutz im Weinbau.

Schrifttum

- Bücher sind durch • gekennzeichnet
- [1] *Mortier*: (1892): DRP 146 464.
 - [2] *Mortier*: (1910): DRP 242 076.
 - [3] •*Eck, B.*: Ventilatoren. 2. Aufl. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1952.
 - [4] •*Eck, B.*: Ventilatoren. 4. Aufl. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1962.
 - [5] *Bäcker, G.*: Verbesserung der Applikationstechnik. Der Deutsche Weinbau Bd. 38 (1983) S. 470/74.
 - [6] *Bäcker, G.*: Querstromgebläse zum Pflanzenschutz im Weinbau. Landtechnik Bd. 38 (1983) Nr. 2, S. 159/62.
 - [7] •*Bäcker, G.*: Pflanzenschutztechnik im Weinbau. KTBL-Schrift 295, Darmstadt: KTBL 1984.
 - [8] *von Oheimb, R.*: Erhöhte Wirkstoffanlagerung im Weinbau durch verbesserte Strömungstechnik bei Sprühgeräten. Landtechnik Bd. 34 (1979) Nr. 3, S. 330/32.
 - [9] *Göhlich, H.*: Zur Entwicklung der Spritz- und Sprühtechnik hinsichtlich verringerter Aufwandmengen und verringerter Drift. Agrartechnische Berichte der Universität Hohenheim, H. 11 (1980) S. 5/11.
 - [10] *Moser, E.*: Leistung der Pflanzenschutzgeräte aus der Sicht der technischen Grundlagenforschung. Rebe und Wein Bd. 17 (1967) S. 71/74.
 - [11] *Moser, E. u. R. Allimant*: Technische Untersuchungen an Pflanzenschutzgeräten für den Weinbau. Landtechnische Forschung Bd. 19 (1971) Nr. 5/6, S. 133/45.
 - [12] *Bäcker, G.*: Tangentialgebläse als Sprühaggregat bei der Pflanzenschutzmittelapplikation im Weinbau. Weinwissenschaft Bd. 37 (1982) S. 340/49.