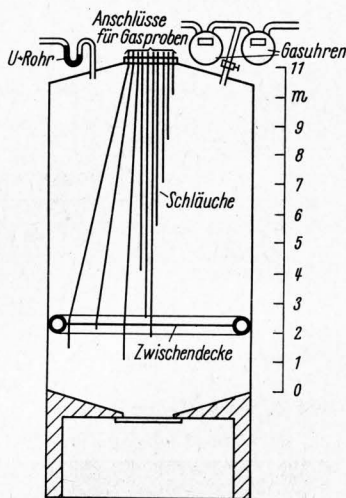


Das eingeleitete CO<sub>2</sub>-Gas bildete mit der im Silo befindlichen Luft ein homogenes Gasgemisch, das zu 29% CO<sub>2</sub> enthielt. Es wurde über eine Gasuhr Luft durch die obere Luke in den Behälter langsam eingeblasen. Dann wurden anschließend an das Einblasen alle zwei Stunden Gasproben aus verschiedenen Höhen im Behälter gezogen; die Entnahmestellen sind aus Bild 19 zu ersehen. Die Zusammensetzung der Gase wurde mit einem Orsatgerät analysiert. Kurz nach dem Eintritt von Frischluft war nur bis 1 m unter der Silokuppel die CO<sub>2</sub>-Gaskonzentration von 29 Vol.-% auf 1 Vol.-% gesunken, **Tafel 4**.

Schon nach zwei Stunden sank selbst in den unteren Schichten die CO<sub>2</sub>-Konzentration um 0,6%, während dort der Sauerstoffgehalt anstieg. Nach weiteren 10 Stunden war die Kohlendioxidkonzentration unter der Kuppel nur noch 2,3 Vol.-% niedriger als im unteren Teil. Sogar unterhalb der Zwischendecke konnte kein höherer Kohlendioxidgehalt mehr festgestellt werden. Es genügte also der kleine Spalt zwischen der Plastikdecke und Silowand, um die CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Luft ober- und unterhalb der Ebene innerhalb von 24 Stunden auszugleichen.

Die Versuche haben gezeigt, daß es nicht genügt, die Behälter nur mit Ventilen zu versehen, da der bei Unterdruck eintretende Luftsauerstoff schon nach wenigen Stunden an den Gärstock gelangen kann.



**Bild 19.** Versuchsanordnung zur Entnahme der Gasproben.

#### Zusammenfassung

Druckausgleichssysteme von gasdichten Gärfuttersilos haben die Aufgabe, Über- und Unterdrücke des Gärgases zu kompensieren. Die Differenz zwischen Außen- und Innendruck wird bei luftdichten Behältern von den atmosphärischen Druckschwankungen, den Änderungen der Gastemperatur, der Druckerhöhung

**Tafel 4.** Vermischung von CO<sub>2</sub>-haltigem Gas mit vom Deckel aus zugeführter Luft in einem Großbehälter (5 m × 10,5 m).

Stunden nach Luft-eintritt	CO <sub>2</sub> -Gehalt in Vol.-% Silohöhe							
	1,0 m %	2,0 m %	2,5 m %	4,0 m %	5,5 m %	7,0 m %	8,5 m %	10,0 m %
0	29,0	29,0	29,0	29,0	28,8	27,0	3,0	1,0
2	28,4	28,4	28,2	28,0	27,2	25,0	7,0	5,6
12	23,3	23,3	23,3	23,1	22,7	22,3	21,7	21,0

bei Gärgasentwicklung und der Druckänderung und Gasraumvergrößerung durch Futterentnahme beeinflusst.

Die Gasdichtigkeit ist bei den Gärfutterbehältern ein großes Problem; selbst bei sorgfältig montierten Behältern tritt bei Überdruck Gas durch Lecks aus. Um dem Gasaustausch durch Lecks zu begegnen, müssen durch Druckausgleichssysteme die Über- und Unterdrücke im Silo so klein gehalten werden, daß der Gasaustausch durch Lecks unbedeutend wird. Dadurch wird auch ein Gasaustausch während der Gärgutentnahme weitgehend verhindert.

Als wirksamstes und dabei preisgünstigstes Druckausgleichssystem hat sich die Kombination von Ventilen und Atemsäcken eingeführt. Gewichtsbelastete Ventile halten die Sperrgrenzen besser ein als federbelastete. Der Durchlaß der Ventile sollte für je 100 m<sup>3</sup> Siloraum so bemessen sein, daß stündlich 10 m<sup>3</sup> Gas bei einem statischen Druck von 40 mm WS durchfließen können. Atemsäcke sollten mindestens 10% des Gasraumes einnehmen können.

Bei der alleinigen Verwendung von Ventilen für den Druckausgleich gelangen große Luftmengen in den Gärbehälter, besonders dann, wenn ein größerer Gasraum (> 10%) vorhanden ist. Selbst wenn sich über dem Gärstock ein mit CO<sub>2</sub> angereichertes Gas befindet, gelangt der leichtere Luftsauerstoff schon wenige Stunden nach seinem Eintritt an das Gärgut.

Versuche über den Einfluß der Anstrichfarbe der Behälter haben gezeigt, daß bei starker Sonneneinstrahlung die Gastemperaturen in einem weißen Behälter wesentlich niedriger liegen als beispielsweise in einem blauen. Bei einem weißen Behälter ist nur ein Atemsackvolumen von 8% des jeweiligen Gasraumes erforderlich.

DK 621.867.8:644.8.047

## Vergleichende Untersuchungen an Radial- und Axialgebläsen für die Heubelüftungstrocknung

Von **Theophil Finkbeiner**, Stuttgart-Hohenheim

*Neuerdings werden wieder häufiger Radialgebläse anstelle von Axialgebläsen für die Unterdachtrocknung von Heu vorgeschlagen. Infolge der größeren Abmessungen ist die räumliche Unterbringung im Vergleich zu den für Wandeinbau besser geeigneten Axialgebläsen nicht immer möglich. Es wird über Luftdruck- und Schallmessungen an einem Radialgebläse berichtet und das Ergebnis mit dem der üblichen Axialgebläse verglichen.*

Bei Heubelüftungsanlagen werden in Europa fast ausschließlich Axialgebläse mit Leitapparat eingesetzt. Dagegen wurden in den USA, als in den 40er Jahren die Heubelüftungstrocknung aufkam, häufig auch Radialgebläse benutzt [1]; im Verlauf der Jahre ging die Entwicklung auch dort verstärkt zum Axialgebläse. In Deutschland wurden bei der Einführung der Heubelüftungstrocknung u. a. auch Versuche mit Radialgebläsen angestellt, zuerst mit Heufördergebläsen [2], später auch mit speziell entwickelten Bauformen [3]. Da sich Heufördergebläse von der Konstruktion her nicht eignen und speziell entwickelte Radialgebläse zur Erzielung guter Wirkungsgrade zu hohen

Baufwand erforderten, wurden diese Versuche wieder eingestellt. Neuerdings kommen wieder einige Firmen mit Radialgebläsen auf den Markt. Der folgende Beitrag soll daher helfen, die heute wieder aktuelle Frage zu klären, welche Lüfterbauart — axial oder radial — für die Heubelüftungstrocknung besser geeignet ist.

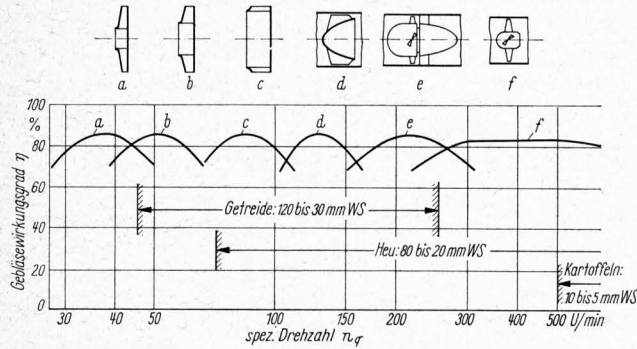
Die bisher meist gebräuchlichen Axiallüfter erreichen eine Luftleistung, die bei den überwiegend in Betrieb befindlichen Anlagen bei etwa 6 bis 14 m<sup>3</sup>/s Förderstrom und 30 bis 50 mm statische Druckdifferenz liegt. Die bei der Einlagerung möglichen Feuchtegehalte *U* betragen bis zu 35 bis 45%. Will man jedoch Welkheu mit Feuchtegehalten über 45% bis etwa 60% unter Dach trocknen, sind — bedingt durch die höheren spezifischen Luftmengen und das größere Stapelraumgewicht — Lüfter erforderlich, die Druckhöhen von etwa 60 bis 80 mm WS erzeugen.

Für diesen Leistungsbereich bietet sich dem Konstrukteur die Möglichkeit, ein Gebläse nach dem Axialprinzip mit großem Nabenvhältnis und Leitapparat zu verwenden, oder aber mit etwa halb so großer spezifischer Drehzahl (wegen des relativ hohen Förderstromes) zum Radialtyp in zweiflutiger Ausführung mit stark rückwärtsgekrümmten oder zum Trommelläufer mit kurzen

*Dipl.-Ing. Theophil Finkbeiner ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. Segler) der Landwirtschaftlichen Hochschule Stuttgart-Hohenheim.*

vorwärtsgekrümmten Schaufeln überzugehen. Alle diese Möglichkeiten sind inzwischen praktisch verwirklicht worden. In **Bild 1** sind diese Zusammenhänge angedeutet. An dieser Stelle soll jedoch darauf nicht weiter eingegangen werden. Nähere Angaben dazu finden sich in der Fachliteratur [5].

Zunächst soll nun über eigene Meßergebnisse an einem Radialgebläse berichtet werden. Daran anschließend wird der Versuch unternommen, aufgrund der Meßergebnisse von veröffentlichten Prüfberichten des Schweizerischen Instituts für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik (IMA) in Brugg ein auf dem Markt befindliches Radialgebläse mit Axialgebläsen hinsichtlich Leistung und Wirtschaftlichkeit sowie seiner Eignung für Welkheubelüftung zu vergleichen.



**Bild 1.** Gebläsebauarten, geordnet nach der spezifischen Drehzahl und ihre Anwendungsbereiche für die Belüftung landwirtschaftlicher Produkte, nach Segler und Scheuermann [6].

- a Radialrad mit Durchmesserverhältnis  $d_1/d_2 = 0,3$
- b Radialrad mit Durchmesserverhältnis  $d_1/d_2 = 0,5$
- c Trommelläufer mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln
- d Meridian-beschleunigtes Axialrad
- e Axialrad mit Leitapparat (Nabenverhältnis  $v = 0,65$ )
- f Axialrad ohne Leitapparat (Nabenverhältnis  $v = 0,35$ )

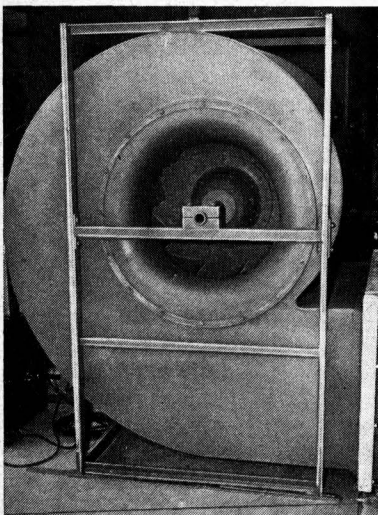
Die spezifische Drehzahl  $n_q$  ist nach [5]:

$$n_q = n \frac{V^{1/2}}{H^{3/4}} \text{ [U/min]},$$

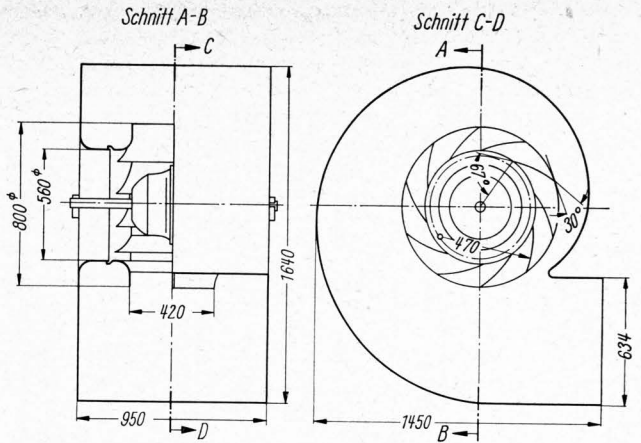
worin  $V$  der Förderstrom in  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $H$  die Förderhöhe in m und  $n$  die Lüfterdrehzahl in U/min ist.

### Untersuchung eines Radiallüfters

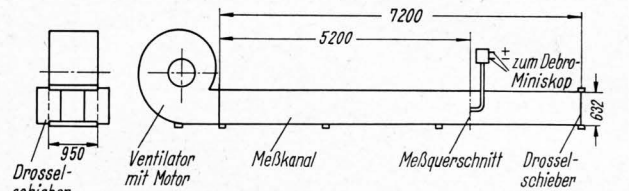
Bei dem untersuchten Radiallüfter handelt es sich um eine zweiflutige Ausführung Bauart Bühler-Sulzer, **Bild 2**. Der in der Nabe eingebaute Drehstrom-Asynchron-Motor mit einer Nennleistung von 7,5 kW ist Träger des Laufrades, das auf jeder Seite zehn rückwärts gekrümmte Schaufeln aufweist. Das Motorgehäuse samt dem Laufrad rotiert hier um den feststehenden Rotor, dessen Welle beidseitig fest auf einer Rahmenkonstruktion gelagert ist. Die Gehäuse- und Laufradabmessungen gehen aus **Bild 3** hervor. Die Außenabmessungen mit Rahmen und Schutzgitter sind: Länge 1450 mm, Breite 1300 mm und Höhe 1780 mm. Das Gewicht des Lüfters ohne Motorschutzschalter beträgt 278 kg.



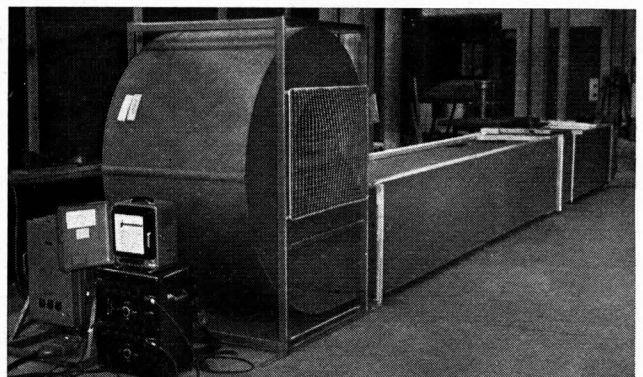
**Bild 2.** Radiallüfter Bühler-Sulzer (ohne Schutzgitter).



**Bild 3.** Aufbau und Abmessungen des Radiallüfters.



**Bild 4.** Versuchsanordnung zur Bestimmung der Luftleistung.



**Bild 5.** Meßkanal und Leistungsschreiber.

### Versuchsdurchführung

Folgende Größen und Kennlinien wurden gemessen bzw. aus Meßgrößen rechnerisch bestimmt:

- a) die Druck-Volumen-Charakteristik bei Nenndrehzahl,
- b) die aufgenommene elektrische Leistung und der Wirkungsgradverlauf über dem Förderstrom und
- c) die Lautstärke bei verschiedenen Betriebspunkten.

Die Aufnahme der Druck-Volumen-Charakteristik erfolgte druckseitig in einem aus Hartfaserplatten hergestellten Meßkanal in den Querschnittsabmessungen des Ausblasequerschnitts mit einer Länge von 7,2 m, **Bild 4 und 5**. Zur Drosselung des Luftstromes diente ein zweigeteilter Plattenschieber am Ende der Meßleitung, der eine stufenlose Drosselung erlaubte. Mit einem Prandtl-Rohr wurden im Abstand von 5200 mm von der Gebläseaustrittsöffnung in bekannter Weise der statische Druck und das Geschwindigkeitsprofil abgetastet und daraus graphisch der Förderstrom, der mittlere dynamische Druck und der Gesamtdruck ermittelt. Die Druckanzeige erfolgte direkt über zwei Debro-Feindruckmesser. Der Druckverlust im Meßkanal bis zum Meßquerschnitt wurde rechnerisch ermittelt und berücksichtigt.

### Leistungsaufnahme und Wirkungsgrad

Bei dieser Sonderbauart des Antriebsmotors war es ohne konstruktive Änderungen nicht möglich, das vom Motor abgegebene Drehmoment direkt zu ermitteln. Es wurde deshalb die vom

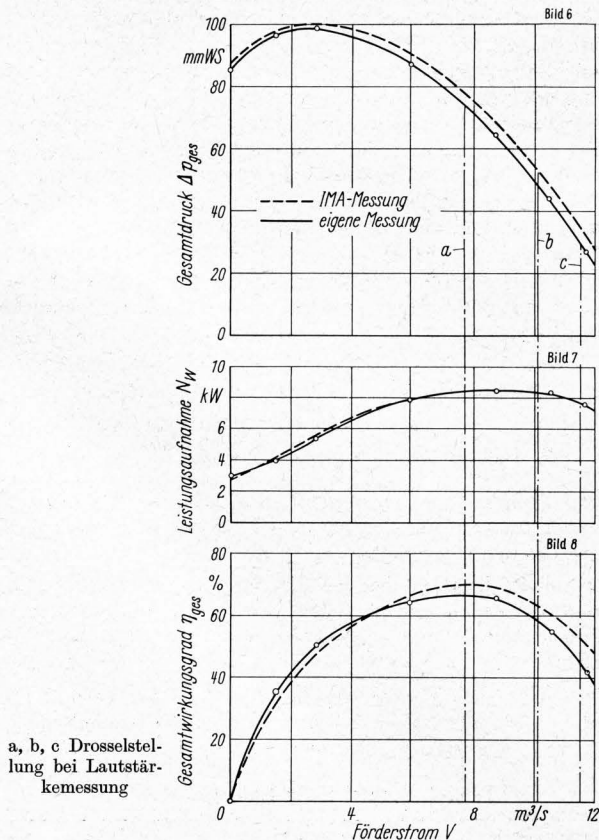
Motor aufgenommene Leistung mit einem elektrischen Leistungsschreiber gemessen. Nach dieser Methode wurden auch die Antriebsleistungen der Axialgebläse bestimmt, die später mit dem Radialgebläse verglichen werden sollen. Aus praktischen Gründen wird auch bei den amtlichen Prüfstellen (DLG, IMA) dieses Verfahren angewandt [7; 8] und im allgemeinen die Einheit Gebläse + Motor beurteilt, weil es auch bei Axialventilatoren mit in die Nabe eingebauten Antriebsmotoren umfangreicher baulicher Maßnahmen bedarf, um mittels Drehmomentwaage die Leistungsabgabe zu bestimmen. Aus der vom Gebläse abgegebenen Luftleistung und der vom Motor aufgenommenen elektrischen Leistung wird dann der Gesamtwirkungsgrad von Gebläse + Motor berechnet. Eine Abschätzung des Meßfehlers wird weiter unten noch gegeben.

### Messung des Betriebsgeräusches

Ein weiteres Kriterium für die Beurteilung von Gebläsen ist die Lautstärke. Das Betriebsgeräusch wurde für drei verschiedene Betriebspunkte in der Halle bestimmt. Mittels Richtmikrophon und Schallpegelmessgerät mit Oktav-Bandpaß wurde nach VDMA-Blatt 24166 in Höhe der Ventilatorachse an sieben Meßpunkten im Abstand von 1,5 m von der Gebläseaußenseite die Lautstärke gemessen. Der Oktav-Bandpaß ermöglichte im Bereich 30 bis 16 000 Hz eine genaue Frequenzanalyse. Die Lage der Meßpunkte geht aus Bild 9 hervor. Vor und nach jeder Messung wurde eine Frequenzanalyse des Ruhepegels zur eventuellen Korrektur der Meßwerte aufgenommen.

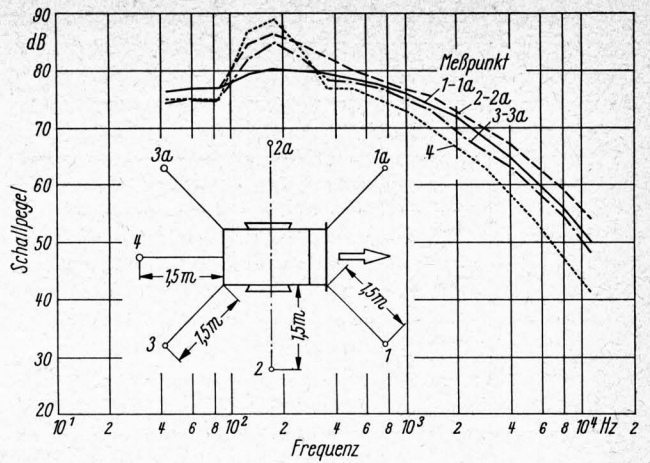
### Meßergebnisse

Bild 6 bis 8 zeigen die Gebläsekennlinie, die elektrische Leistungsaufnahme und den Wirkungsgradverlauf umgerechnet auf eine spezifische Luftdichte von  $\rho_L = 1,20 \text{ kg/m}^3$ . Gestrichelt sind die vom IMA gemessenen Werte [9] eingezeichnet. Der Vergleich der Meßergebnisse des IMA mit den eigenen Messungen zeigt hinsichtlich der Druck-Volumen-Charakteristik und des Wirkungsgradverlaufes für die IMA-Messung im Bereich größerer Förderströme höhere Werte. Die Meßmethodik des IMA geht aus dem veröffentlichten Bericht nicht genau hervor. Sie dürfte sich jedoch nicht wesentlich von der hier angewandten unter-

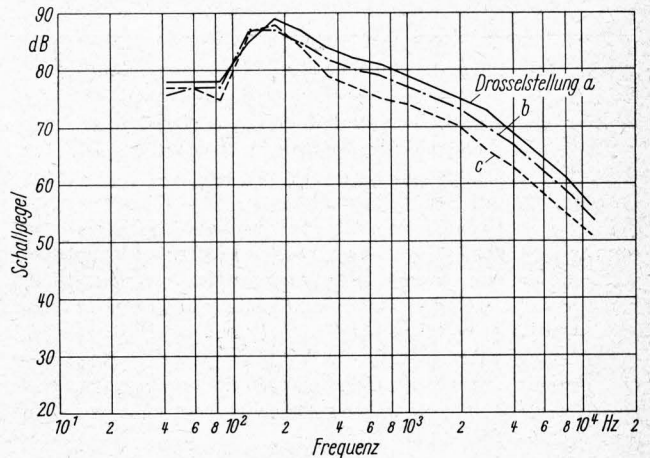


a, b, c Drosselstellung bei Lautstärkemessung

**Bild 6 bis 8.** Gemessene Kennlinien des Radialgebläses Bühler-Sulzer, umgerechnet auf ein spezifisches Luftgewicht von  $\rho_L = 1,20 \text{ kg/m}^3$ .



**Bild 9.** Frequenzanalyse bei Drosselstellung b (s. Bild 6).



**Bild 10.** Frequenzanalyse für Meßpunkt 2 bei verschiedenen Drosselstellungen nach Bild 6.

scheiden. Es liegt dabei nahe, die Unterschiede auf Meßtoleranzen zurückzuführen, die bei dieser Meßmethode, vor allem bei den abgeleiteten Werten, wo mehrere Meßgrößen eingehen, in dieser Größenordnung liegen dürften. Für den Leistungsschreiber der Genauigkeitsklasse 1,5 ergibt sich bei halbem Zeigerausschlag ein maximaler relativer Fehler von  $\pm 3\%$ . Wenn man noch für die Messung und graphische Bestimmung des Förderstromes bei sorgfältiger Durchführung einen relativen Fehler von  $\pm 2\%$  einsetzt, so ergibt sich für den Wirkungsgrad des Gebläses ein Gesamtfehler, der maximal  $\pm 5\%$  des Rechenwertes betragen kann. Diese überschlägige Fehlerrechnung zeigt, daß die Abweichungen aus den durch das Meßverfahren bedingten Meßfehlern resultieren können. Kleinere Unterschiede können auch durch Fertigungstoleranzen bedingt sein.

Die dünn gestrichelten Linien a, b und c in Bild 6 bis 8 markieren Drosselstellungen, bei denen das Betriebsgeräusch gemessen und analysiert wurde. Die räumliche Anordnung der Meßpunkte und ihre Frequenzanalysen bei Drosselstellung b (50 mm WS Gesamtdruck) zeigt Bild 9. Einen Vergleich des Geräuschverhaltens in Abhängigkeit des Betriebspunktes (Drosselstellung) gibt Bild 10 für den Meßpunkt 2. Die Drosselstellungen a und c entsprechen einem Gesamtdruck von 72 bzw. 30 mm WS Gesamtdruck. In Tafel 1 sind die wichtigsten Meßergebnisse in Vergleich mit den IMA-Messungen angegeben. Der bei 1,5 m Abstand gemessene Schallpegel wurde deshalb auf die IMA-Bedingungen (7 m Abstand) in bekannter Weise [10] umgerechnet.

### Vergleich des Radiallüfters mit Axiallüftern

Aufgrund der Leistungsdaten und des Betriebsverhaltens der verschiedenen Lüfterbauarten soll nun versucht werden, Radiallüfter und Axiallüfter hinsichtlich der Eignung für Welkheubelüftung miteinander zu vergleichen und ihre Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen. Als Vergleichsbasis sollen die Meßergebnisse des IMA zugrunde gelegt werden, um, soweit

Tafel 1. Meßergebnisse des Radiallüfters nach Bild 2 und 3.

Förderstrom [m³/s]		11,4	10,1	7,9	6,5	5,0
Gesamt- druck [mm WS]	eigene Messung	29	46	71	84	92
	IMA- Messung	36	53	76	87	95
aufgenommene Leistung [kW]	eigene Messung	7,6	8,3	8,4	8,1	7,3
	IMA- Messung	7,6	8,3	8,4	8,1	7,4
Gesamt- wirkungsgrad [%]	eigene Messung	44	57	66	66	62
	IMA- Messung	54	63	70	68	62
Lautstärke [dB]	eigene Messung	75	74	72,5	—	—
	IMA- Messung	74,5	—	—	—	—

überhaupt möglich, die gleichen Versuchsbedingungen zu haben. Da sich die verschiedenen Prüf- und Meßmethoden für Axialgebläse in ihrem Aufbau und ihren Ergebnissen beträchtlich unterscheiden können, ist es wichtig, bei einem Vergleich von gleichen Meßverfahren bzw. von den Messungen derselben Prüfstelle auszugehen. Das Prüfverfahren der DLG [7] unterscheidet sich im wesentlichen vom IMA-Prüfverfahren [8] dadurch, daß beim ersteren der Druckverlust zwischen Lüfter und Hauptkanal mit in die Messung eingeht. Dabei wird der Hauptkanal so dimensioniert, daß sich bei einem Gesamtdruck von 25 mm WS eine Geschwindigkeit von 5 m/s ergibt. Von der DLG-Prüfstelle liegt bisher kein Prüfbericht für das Bühler-Sulzer Radialgebläse vor. Deshalb werden dem Vergleich die Wirkungsgradverläufe und Druck-Volumen-Charakteristiken der vom IMA veröffentlichten Prüfberichte zugrunde gelegt.

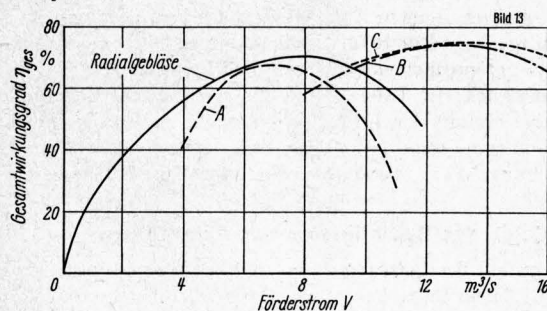
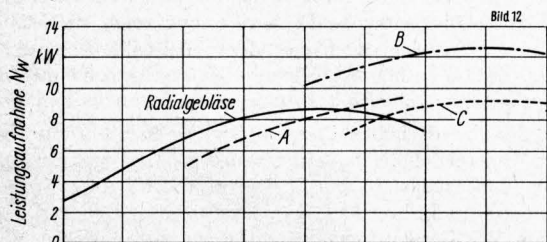
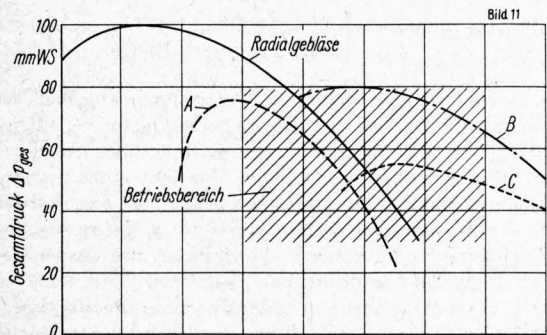


Bild 11 bis 13. Vergleich der Kennlinien des Radialgebläses (Bühler-Sulzer) und der Axialgebläse A, B und C nach Meßergebnissen des Schweiz. Instituts für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik in Brugg (IMA).

Verglichen werden sollen Lüfter mit etwa gleichem Leistungsbereich, die sich für Welkheutrocknung eignen und etwa die gleiche elektrische Leistungsaufnahme haben. Aus der relativ kleinen Anzahl geprüfter Axiallüfter, die den Anforderungen der Welkheubelüftung bei hohen Feuchtegehalten bei der Einlagerung genügen, seien die hier mit A und B bezeichneten Typen herausgegriffen [11]. Der Axiallüfter A ist ebenso wie der untersuchte Radiallüfter mit einem 7,5 kW-Motor ausgerüstet. Der Lüfter B (11-kW-Motor) liegt allerdings bezüglich der Leistung in einer höheren Klasse, was beim Vergleich der Anschaffungskosten zu berücksichtigen ist. Als Ergänzung sei noch der Axiallüfter C (7,5-kW-Motor) betrachtet [12], der für Gesamtdrucke bis etwa 55 mm WS ausgelegt ist. Diese vier Lüftertypen sollen nun nach folgenden für die Praxis ausschlaggebenden Kriterien verglichen werden:

- Druck-Volumen-Charakteristik,
- Wirkungsgradverlauf im Betriebsbereich (und damit Betriebskosten),
- Verlauf der Leistungsaufnahme,
- Lautstärke,
- Anschaffungskosten,
- Platzbedarf.

Die für den Betrieb wichtigsten Eigenschaften nach Punkt a) bis c) sind in Form von Kennlinien in Bild 11 bis 13 dargestellt. Die Druck-Volumen-Charakteristik des Radiallüfters hat zwar einen sehr hohen Scheitelwert von 100 mm WS, allerdings bei einem Förderstrom und einem Wirkungsgrad, die für den praktischen Betrieb ohne Interesse sind. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man bei heutigen Kostenverhältnissen Druckbereiche über 70 bis 80 mm WS bei Belüftungsanlagen zu vermeiden suchen, da hierbei die spezifischen Trocknungskosten auch bei hohen Wirkungsgraden zu groß werden. Die Axialtypen A und B dürften — in verschiedenen Förderstrombereichen — mit Scheitelwerten von 76 bzw. 79 mm WS (Bild 11) von der Luftleistung her den gestellten Anforderungen ebenso genügen wie der Radialtyp.

Außer dem Scheitelwert ist für das Betriebsverhalten eines Gebläses auch der Verlauf der Kennlinien (Bild 11) von Bedeutung. Hier unterscheidet sich nun das Radialgebläse grundsätzlich vom Axialgebläse. Während die Kennlinie vom Radialgebläse bis fast zur vollen Drosselung stetig ansteigt, zeigen die Axialgebläse den typischen Verlauf mit stetig ansteigendem Ast bis zum Scheitelpunkt. Vom Scheitelpunkt ab wird die Strömung im Gebläse instabil und die Kennlinie fällt ab, um dann bei kleinen Fördermengen bis zur Nullförderung wieder anzusteigen (letzteres in Bild 11 nicht dargestellt). Praktisch bedeutet das, daß bei Überlastung des Gebläses, d. h., wenn der Strömungswiderstand durch ungünstige Umstände über das zulässige Maß ansteigt, das Fördervolumen beim Radialgebläse nicht plötzlich stark abfällt wie beim Axialgebläse, und deshalb das Radialgebläse durch seine Druckreserve eine höhere Sicherheit gegen Überlastung bietet.

Was den Wirkungsgrad betrifft, liegt der Radiallüfter mit einem im Betriebsbereich vorteilhaft flachen Verlauf und einem recht hohen Scheitelwert von  $\eta_{max} = 71\%$  deutlich besser als der Lüfter A mit  $\eta_{max} = 68\%$ , jedoch noch unter dem Typ B mit  $\eta_{max} = 74\%$ .

Die elektrische Leistungsaufnahme  $N_w$  hat außer beim Typ A einen Scheitelwert im Betriebsbereich und überschreitet bei keinem Typ den höchstzulässigen Wert.

Der Lüfter C ist gegenüber den anderen Typen für stärker vorgewelktes Trocknungsgut für einen Druckbereich bis etwa 55 mm WS ausgelegt, zeigt aber im übrigen einen ähnlichen Verlauf wie das Gebläse B.

Die Lautstärke in ungedrosseltem Zustand ist Tafel 2 zu entnehmen. Da alle vier Typen mit 965 bzw. 935 U/min laufen, ergibt sich ein relativ niedriger Gesamtpegel, wobei das

Tafel 2. Vergleich der Lautstärke.

Gebläsetyp	Radiallüfter	Axiallüfter		
		A	B	C
Lautstärke	dB	77	76,5	75,5

Radialgebläse mit 1 bis 2,5 dB unter den Axialtypen liegt. Auch vom Gesichtspunkt der Lautstärke sind also die beiden Gebläsebauarten als etwa gleichwertig zu betrachten.

Wie eingangs bereits erwähnt, sind in dem hier vorliegenden Luftleistungsbereich von der Theorie her sowohl die axiale als auch die radiale Bauform möglich. Man kann entweder ein spezifisch relativ langsam laufendes Axialrad oder ein spezifisch relativ schnell drehendes Radialrad verwenden, um in diesem Übergangsbereich zur rechnerisch optimalen Lösung zu kommen. Entscheidend für die Wahl der Bauform werden also die konstruktiven Möglichkeiten des Einbaus und die Anschaffungskosten.

Die Anschaffungskosten liegen nun beim untersuchten Radialgebläse wesentlich höher als selbst beim Axialtyp B, obwohl dieser Typ einer höheren Leistungsklasse angehört. Dieser gegenüber Axialgebläsen etwas hoch erscheinende Anschaffungspreis ist teilweise mit der Sonderbauart des Motors bei verhältnismäßig kleinen Stückzahlen in der Herstellung zu erklären. Wenn man in erster Näherung vom Gewicht auf die Herstellungskosten schließt, was beim gleichen Produkt und gleichen Produktionsbedingungen zulässig ist, so dürfte das Radialgebläse höchstens etwa dasselbe kosten wie die Axialtypen C und A, **Tafel 3**.

**Tafel 3.** Die Eigengewichte der Lüfter.

Gebläsetyp	Radiallüfter	Axiallüfter			
		A	B	C	
Gewicht	kg	275	325	265	370

Als letzter Punkt sind noch die Einbauverhältnisse und der Raumbedarf zu betrachten. Hier ist in den meisten Einbaufällen der Axialtyp günstiger, da er sich wesentlich kürzer bauen läßt und direkt in die Gebäudewand eingelassen werden kann. Das Spiralgehäuse des Radialtyps mit den zwei seitlichen Ansaugöffnungen dagegen beansprucht nach allen Seiten mehr Raum. Wenn der Radiallüfter außerhalb des Stapelraumes aufgestellt wird, muß er im allgemeinen gegen Witterungseinflüsse geschützt werden. Müssen ferner Vorkehrungen zur Geräuschminderung getroffen werden, so können beim Axiallüfter meist einfachere Mittel gewählt werden. Abschließend kann deshalb gesagt werden, daß die Axial- und die Radiallüfter hinsichtlich Leistung und Lautstärke etwa gleichwertig sind, hinsichtlich der Einbauverhältnisse und der Anschaffungskosten ist der Axialtyp bis jetzt noch günstiger.

DK 624.31:625.03

## Überlegungen beim Aufbau einer Bodenrinne

Von **Rudolf Möller**, Braunschweig-Völkenrode

*Untersuchungen in Bodenrinnen haben gegenüber Feldversuchen den Vorteil, unabhängig von der Witterung und den von den klimatischen Verhältnissen und der Vegetation stark abhängigen Bodenstrukturen zu sein. Die Bodenparameter lassen sich in der Bodenrinne gezielt einstellen, konstant halten und auch reproduzieren. Es werden anhand der Erfahrungen mit einer bestehenden Bodenrinne Überlegungen über den Aufbau einer Bodenrinne angestellt und die Konstruktion und Handhabung einer neuen Rinne beschrieben.*

Für landtechnische Versuche, bei denen der Boden eine wichtige Einflußgröße ist, bieten labormäßige Bodenrinnen gegenüber Feldversuchen große Vorteile, da man bei der Durchführung der Versuche von den jahreszeitlich stark streuenden klimatischen Gegebenheiten unabhängig ist. Der besondere Vorteil einer Bodenrinne für wissenschaftliche Untersuchungen

*Ing. Rudolf Möller ist Versuchsingenieur am Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.*

## Zusammenfassung

Es wird über Untersuchungen eines Radialgebläses für die Belüftung von Welkheu berichtet. Ferner werden Axialgebläse bezüglich Förderleistung, Wirkungsgrad, Lautstärke sowie Anschaffungskosten und Einbauverhältnisse mit dem untersuchten Radialgebläse verglichen. Dabei ergibt sich, daß für den bei Welkheubelüftung in Frage kommenden Leistungsbereich (bis 80 mm WS Gesamtdruck bei verschiedenen Förderströmen) beide Bauarten leistungsmäßig und vom Betriebsgeräusch her etwa gleichwertig sind. Bezüglich Anschaffungskosten und Einbauverhältnisse fällt der Vergleich gegenwärtig noch zu Gunsten des Axialtyps aus.

## Schrifttum

- [1] *Cranage, Thomas*: Analysis of types of fans for curing hay in the mow. *Agric. Engng* **27** (1946) Nr. 11, S. 509/17.
- [2] *Segler, G.; H. J. Matthies und J. Birk*: Entwicklung und Erprobung von Heubelüftungsanlagen. *Ber. üb. Landtechn.* Bd. 28. Wolfratshausen: Neureuter Verl. 1953.
- [3] *Keuneke, K.*: Untersuchungen des Betriebsgeräusches von Heubelüftungsgebläsen. *Landtechn. Forsch.* **11** (1961) H. 3, S. 71/74.
- [4] *Maltry, W.*: Wirtschaftlicher Gebläseeinsatz für die neuzeitliche Heubelüftung. *Agrartechn.* **12** (1962) Nr. 5, S. 214/20.
- [5] *Eck, B.*: Ventilatoren. Entwurf und Betrieb der Radial-, Axial- und Querstromventilatoren. 4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verl. 1962.
- [6] *Segler, G., und A. Scheuermann*: Lärmverminderung bei Heubelüftungsanlagen. *Landtechn.* **17** (1962) Nr. 18, S. 640, 642/44, 646, 647.
- [7] DLG-Prüfung von Heulüftern. DLG-Maschinenprüfungsberichte, Gruppe 8g/14. Hrsg. v. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. Ausg. März 1959.
- [8] Heubelüftung. IMA-Mitt. **9** Juli/Sept. 1964 Hrsg. Schweiz. Institut für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik (IMA), Brugg/Schweiz.
- [9] IMA-Prüfbericht Ep 1354: Hrsg. Schweiz. Institut für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik, Brugg/Schweiz.
- [10] *Zeller, W.*: Technische Lärmabwehr. Stuttgart: Kröner-Verlag 1950.
- [11] IMA-Prüfbericht Ep 1306 und 1307
- [12] IMA-Prüfbericht Ep 1305

liegt jedoch darin, daß sich die interessierenden Parameter, wie Dichte und Feuchte des Bodens, anders als bei Feldversuchen, gezielt einstellen, konstant halten und auch reproduzieren lassen [1]. Damit ist eine schnelle Versuchsdurchführung gewährleistet, und man kommt zu wissenschaftlich zuverlässigeren und vor allem übertragbaren Ergebnissen.

Die Realisierung bestimmter Bodenparameter kann je nach Größe der Rinne Schwierigkeiten bereiten, ist aber grundsätzlich bei entsprechendem Aufwand für die Aufbereitung des Bodens und Überprüfung der Parameter möglich. Hierfür stehen außer dem herkömmlichen Verfahren der Probenahme mit anschließender Feuchte- und Dichtebestimmung auch moderne Methoden zur unmittelbaren und damit schnelleren und kontinuierlichen Bestimmung von Feuchte und Dichte zur Verfügung. Bei diesen direkten Meßmethoden werden elektrische, chemische oder radioaktive Prinzipien angewendet.

Besonders schwierig ist es, in der Bodenrinne eine dem natürlichen Aufbau des Ackerbodens entsprechende Dichteverteilung über der Arbeitstiefe herzustellen. Die Verdichtung des Bodens in einer Bodenrinne erfolgt im allgemeinen durch