

Die Anwendungsbereiche von Radial- und Axialgebläsen in der Landtechnik

Technische Hochschule, Darmstadt

Die Verwendung sowohl von Förder- wie von Belüftungsgebläsen in der Landwirtschaft hat in der letzten Zeit dermaßen an Umfang zugenommen, daß es notwendig erschien, die an die verschiedenen Gebläsetypen gestellten Forderungen zu untersuchen und die Anwendungsbereiche der verschiedenen Bauarten gegeneinander abzugrenzen¹⁾.

Bei der Untersuchung der Anwendungsbereiche landwirtschaftlicher Gebläse sind prinzipiell zwei Fälle zu unterscheiden: Die pneumatische Förderung und die Belüftung. Beide stellen sehr verschiedene Anforderungen an die Gebläse und haben im Laufe der Zeit zu ganz speziellen Konstruktionen geführt.

Pneumatische Förderung

Die pneumatische Förderung erstreckt sich in der Landtechnik auf Körner, Häcksel, Spreu, Trockenblatt, Stroh, Heu und andere Güter. Das Gut wird meistens entweder durch Injektor- oder Zellenradschleuse in den Luftstrom eingeführt und von diesem durch eine Rohrleitung gedrückt.

Die Luftgeschwindigkeit und die Rohrweite bestimmen das vom Fördergebläse aufzubringende Luftdurchsatzvolumen. Die Luftgeschwindigkeit ist nach unten durch die Stopfgrenze, nach oben durch die bei zu hoher Geschwindigkeit eintretende Beschädigung des Fördergutes begrenzt und von der Art des geförderten Gutes abhängig. Sie beträgt im allgemeinen $w = 16\text{--}24$ m/s. Damit ist der dynamische Druck

$$p_d = \rho/2 w^2 = 16\text{--}36 \text{ mm WS},$$

worin ρ die Luftdichte in kg/m^3 bedeutet.

Die Förderrohrweite liegt bei $d = 105\text{--}380$ mm²⁾. Lediglich für Heu und Stroh sind Durchmesser von $d = 380\text{--}630$ mm³⁾ notwendig.

Damit ist der vom Gebläse im ersten Fall aufzubringende Luftdurchsatz etwa

$$V = 0,2\text{--}2 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Bei Heu- und Strohförderung kommt man auf Werte von rund

$$V = 3\text{--}7 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Während der Durchströmung der Rohrleitung treten statische Druckverluste auf. Diese resultieren aus Rohrreibung, Umlenkung der Strömung, Beschleunigung des Fördergutes und Ausblasen ohne Diffusor. Da in der Rohrleitung durchweg turbulente Strömung herrscht, hängen, wie durch Messungen bestätigt wurde, die dimensionslosen Widerstandskoeffizienten λ für Rohrreibung, bei der Annahme konstanter Rauhtiefe k , und ξ für Umlenkung in erster Linie von der sekundlich durchgesetzten Fördergutmenge ab und außerdem vom Rohrdurchmesser d und von der Art des geförderten Gutes.

Die auftretenden statischen Druckverluste p_{st} betragen für Rohrleitungen der Länge $L = 50\text{--}60$ m gewöhnlich $250\text{--}350$ mm WS. Bei engen, langen oder stark verwinkelten Leitungen kommt man auf unter Umständen viel höhere Werte. Bei Heu- und Strohförderung betragen die statischen Druckverluste auf Grund der weiteren Rohre jedoch nur etwa $p_{st} = 150\text{--}200$ mm WS.

Die an die landwirtschaftlichen Fördergebläse gestellten Anforderungen sind also:

Förderung von Körnern, Häcksel, Spreu und Trockenblatt:

- Rohrweite 105—380 mm;
- Sekundlicher Luftdurchsatz $V = 0,2\text{--}2$ m³/s;
- Gesamtdruck $\Delta p = 250\text{--}400$ mm WS.

Förderung von Heu und Stroh:

- Rohrweite 380—630 mm;
- Sekundlicher Luftdurchsatz $V = 3\text{--}7$ m³/s;
- Gesamtdruck $\Delta p = 150\text{--}250$ mm WS.

¹⁾ Auszug aus einer Studienarbeit

²⁾ Genormt sind die Rohrweiten 105/125/150/180/210/250/380

³⁾ Genormt sind die Rohrweiten 380/450/500/570/630

Belüftung

Die Unterdachrockung mit künstlicher Belüftung ist in der Landwirtschaft für alle Arten von Körnern, für Erdfrüchte, Erbsen, Bohnen und vor allem für Heu möglich. Das Gut wird von unten mit Frischluft durchblasen, die dabei aus diesem — ein Feuchtigkeitsgefälle vom Lagergut zur Luft vorausgesetzt — Feuchtigkeit entzieht und sich adiabatisch abkühlt. Damit die Luft auch Zeit findet, aus dem Schüttgut möglichst viel Wasser aufzunehmen, und da die Strömungswiderstände ungefähr mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunehmen, geht man gewöhnlich mit der Durchströmgeschwindigkeit nicht höher als $w = 0,1$ m/s. Damit kann der dynamische Druck $p_d = 0$ gesetzt werden.

Man kann rechnen, daß die austretende Luft dabei bis 90% relative Luftfeuchte erreicht. Der sekundliche Luftdurchsatz für eine gewisse Menge eines zu trocknenden Schüttgutes hängt ab von der Wassermenge, die in der Zeiteinheit abgeführt werden soll und der Wasseraufnahmefähigkeit der Luft unter den herrschenden Bedingungen (Temperatur, relative Feuchte der Frischluft). Letztere läßt sich leicht aus dem $i\text{--}x$ -Diagramm für Luft von MOLLIER ermitteln, wo man auch die bedeutende Steigerung der Trocknungsfähigkeit der Luft bei einer Erwärmung um wenige Grade sofort erkennt. Als Wert für Überschlagsrechnungen kann man $V = 0,1$ m³/s Frischluft je m³ Schüttgut annehmen. Dieser Wert gilt vor allem zur Belüftung von Heu, bei anderen Gütern kann man zum Teil auch mit weniger auskommen. Um oft vorkommende Mengen von $50\text{--}100$ m³ trocknen zu können, braucht man also einen Luftdurchsatz von etwa $V = 5\text{--}10$ m³/s.

Der beim Belüften zu überwindende statische Druck setzt sich zusammen aus Druckverlusten in den Zuführkanälen und im durchströmten Gut. Im Kanalsystem kann man mit einem maximalen Verlust (Stoß- bzw. Wirbelverluste und Reibungsverluste) von $p_{st} = 10$ mm WS rechnen, wenn dort $w = 10$ m/s nicht überschritten wird. Zur Ermittlung der Strömungswiderstände im durchströmten Gut liegen Berechnungsmethoden vor [1÷3]. Dabei kommt man auf Werte in mm WS je m Schütthöhe von $p_{st} = 0,3\text{--}1,5$ für Erdfrüchte, $p_{st} = 3\text{--}5$ für Heu und Rübenblatt und $p_{st} = 10\text{--}60$ für Erbsen, Bohnen und Körner.

Aus den üblichen Schütthöhen ergibt sich dann der vom Gebläse aufzubringende Gesamtdruck mit $\Delta p = 20\text{--}80$ mm WS.

Die an landwirtschaftliche Belüftungs- und Trocknungsgebläse gestellten Anforderungen sind also häufig:

- Sekundlicher Luftdurchsatz etwa $V = 5\text{--}10$ m³/s;
- Gesamtdruck etwa $\Delta p = 20\text{--}80$ mm WS.

Gebläsebauarten

Zur Charakterisierung der verschiedenen Gebläsetypen hat man dimensionslose Kennzahlen eingeführt, die bei optimaler Auslegung für jede Bauart in einem ganz bestimmten Bereich liegen. Es sind dies vor allem die Lieferzahl ρ' und die Druckziffer ψ sowie die spezifische Drehzahl K_n .

Sind diese bekannt, so kann man sofort eine Gebläsekonstruktion in ihrer Größe abschätzen, wenn Luftdurchsatz und Gesamtdruck sowie die Drehzahl des Gebläses gegeben sind.

Es gelten folgende Beziehungen:

$$\text{Für den Gesamtdruck: } \Delta p = \psi \rho/2 u_2^2. \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

- Δp = vom Gebläse aufgebracht Gesamtdruck [mm WS];
- ψ = dimensionslose Druckziffer;
- ρ = Luftdichte [kg/m^3];
- u_2 = Umfangsgeschwindigkeit des Läufers am Außendurchmesser [m/s].

Für den Luftdurchsatz: $V = \frac{\varphi' \cdot \pi}{4} \cdot d_2^2 \cdot u_2$. (2)

Dabei bedeuten:

- V = Luftdurchsatz des Gebläses [m³/s];
- φ' = dimensionslose Lieferziffer;
- d_2 = Außendurchmesser des Läufers [m].

Für die spezifische Drehzahl: $Kn = 0,0063 n \frac{V^{1/2}}{H_{ad}^{3/4}}$. (3)

Dabei bedeutet:

H_{ad} = Adiabate Förderhöhe des Gebläses [m].

Die Kennzahlen geben die besonderen Eigenschaften der verschiedenen Bauarten wieder. Soll ein Gebläse optimal ausgelegt werden, kann man für die verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten folgende Werte annehmen:

Druckziffer ψ [4]

Axialgebläse: 0,05—0,5;

(dabei gilt der kleine Wert für wenige lange und der große für viele, kurze Schaufeln).

Radialgebläse: 0,6—1,1;

dabei gelten die hohen Werte für vorwärts- und die niedrigen Werte für rückwärtsgekrümmte Schaufeln. Allerdings ist bei vorwärtsgekrümmten Schaufeln der dynamische Druckanteil, der sich nur mit schlechtem Wirkungsgrad in statischen Druck umwandeln läßt, besonders groß.

Lieferziffer φ' [4]

Axialgebläse: 0,1—0,2;

Radialgebläse: 0,02—0,2.

Spezifische Drehzahl Kn [5]

Axialgebläse: 0,45 und größer;

Radialgebläse: 0,1—0,45.

Da die Umfangsgeschwindigkeit u_2 linear proportional dem Außendurchmesser d_2 des Läufers ist, der hauptsächlich die Gebläsegröße bestimmt, kann man also von vornherein anhand der Kennwerte sagen, welche Bauart für die verschiedenen Anforderungen die kleinsten Abmessungen und den besten Wirkungsgrad ergibt. Beim Belüften und Trocknen sind bei relativ hohem Luftdurchsatz nur geringe Gegendrücke zu überwinden. Man wird also hier zu einer Konstruktion mit hoher Lieferzahl und spezifischer Drehzahl sowie kleiner Druckziffer greifen, das heißt, hier wird man zweckmäßigerweise Axialgebläse verwenden, zumal diese einfacher im Aufbau und damit billiger als Radialgebläse sind.

Beim pneumatischen Fördern tritt der umgekehrte Fall auf: Ein relativ großer Gegendruck ist bei ziemlich kleinem Luftdurchsatz zu überwinden. Hier braucht man also vor allem eine Bauart mit großer Druckziffer, wogegen die Lieferzahl und die spezifische Drehzahl kleiner sein können als beim Belüften. Beides, hohe Druckziffer sowie verhältnismäßig kleine Lieferzahl und spezifische Drehzahl, findet man aber beim Radialgebläse.

Lediglich beim pneumatischen Fördern von Stroh und Heu können auch unter Umständen Axialgebläse verwendet werden. Dies geht sehr klar aus einer Betrachtung der spezifischen Drehzahl für die extremen Bedingungen beim landwirtschaftlichen Einsatz von Gebläsen hervor. Durch diese Art der Betrachtung bekommt man auch einen klaren Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Gebläsearten in der Landtechnik.

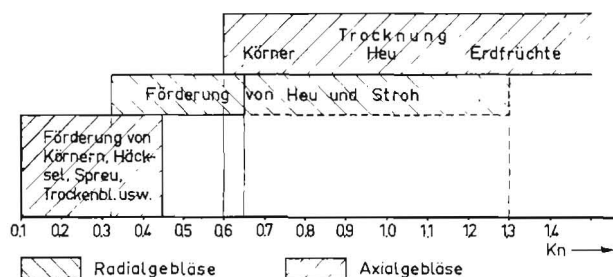


Bild 1: Anwendungsbereiche von Gebläsen in der Landwirtschaft

Die im allgemeinen in der Praxis auftretenden Extremfälle und die dazugehörigen spezifischen Drehzahlen, berechnet nach Gl. (3), sind im einzelnen:

Trocknung

a) von Heu:

$\Delta p = 20$ mm WS;
 $V = 10$ m³/s;
 $n = 1500$ U/min;

also: $K_{n_{max}} = 3,7$.

b) von Körnern:

$\Delta p = 80$ mm WS;
 $V = 5$ m³/s;
 $n = 1000$ U/min;

also: $K_{n_{min}} = 0,6$.

Förderung

a) von Heu und Stroh:

$\Delta p = 150$ mm WS;
 $V = 7$ m³/s;
 $n = 3000$ U/min;

also: $K_{n_{max}} = 1,3$.

$\Delta p = 250$ mm WS;
 $V = 3$ m³/s;
 $n = 1500$ U/min;

also: $K_{n_{min}} = 0,31$.

Hierzu ist allerdings zu sagen, daß man aus anderen Gründen (z. B. Geräuschentwicklung) Axialgebläse nicht mit mehr als 1500 U/min laufen läßt.

Bei 1500 U/min wäre

$K_{n_{max}} = 0,65$.

b) von Körnern, Häcksel, Spreu, Trockenblatt und anderen Gütern:

$\Delta p = 250$ mm WS;
 $V = 2$ m³/s;
 $n = 3000$ U/min;

also: $K_{n_{max}} = 0,45$.

$\Delta p = 400$ mm WS;
 $V = 0,2$ m³/s;
 $n = 1500$ U/min;

also: $K_{n_{min}} = 0,054$.

Zum besseren Veranschaulichen dient Bild 1, in dem diese Verhältnisse sowie die von ECKERT [5] angegebenen optimalen spezifischen Drehzahlen für Radial- und Axialgebläse dargestellt sind.

Durch Bild 1 wird klar dargelegt, daß zum pneumatischen Fördern im Bereich der Landwirtschaft mit Ausnahme der Stroh- und Heuförderung, die ein Übergangsbereich darstellt, an sich nur Radialgebläse in Frage kommen. In der Praxis werden auch zur Förderung von Heu und Stroh nur Radialgebläse eingesetzt. Theoretisch sind jedoch auch Axialgebläse möglich.

Für Belüftungszwecke und zur Unterdachtrocknung dagegen sind im Bereich der Landtechnik nur Axialgebläse diskutabel. Die Tatsache, daß auch relativ häufig Radialgebläse zum Belüften verwendet werden, läßt vermuten, daß diese Anlagen nicht in dem für sie optimalen Bereich eingesetzt werden (es sei denn, die gestellten Anforderungen hinsichtlich Druck und Luftdurchsatz weichen von den allgemein üblichen und dieser Betrachtung zugrundegelegten mehr oder weniger stark ab).

Aus der Gegenüberstellung des Druck-Durchsatzverhaltens der verschiedenen Bauarten anhand ihrer Kennziffern und der Darlegung der sehr unterschiedlichen Anforderungen, wie sie beim Belüften und pneumatischen Fördern in der Landwirtschaft an die Gebläse gestellt werden, geht hervor, daß es nicht möglich ist, unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand ein Universalgebläse, das in allen Fällen mit gutem Wirkungsgrad arbeitet, zu bauen.

Hier hilft auch eine Drehzahlverstellung nichts, denn der Druck steigt zwar proportional zum Quadrat der Drehzahl, aber auch der Durchsatz geht mit der Drehzahl linear in die Höhe, das heißt, man hätte entweder beim Fördern einen viel zu großen oder beim Belüften einen viel zu kleinen Luftdurchsatz.

Zusammenfassung

Bis jetzt hat man die Eignung von Gebläsen immer nur auf ganz spezielle Fälle in der Landwirtschaft untersucht [6; 7]. Ebenso sind auch die an die Gebläse gestellten Anforderungen nur in ganz bestimmten und begrenzten Anwendungsgebieten dargelegt worden.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Gebläse in der Landtechnik hat es notwendig erscheinen lassen, alle an sie gestellten Anforderungen hinsichtlich Druck und Luftdurchsatz in umfassender Form darzustellen. Es werden die notwendigen Drücke und Luftdurchsätze beim pneumatischen Fördern und beim Belüften in der Landwirtschaft dargelegt und miteinander verglichen.

Die einzelnen Gebläsebauarten werden anhand der Kennzahlen und der damit zusammenhängenden grundlegenden Beziehungen zu ihrer Auslegung auf ihre zweckmäßige Anwendbarkeit in den verschiedenen Fällen untersucht. Im Rahmen der in der Landtechnik vorkommenden Anwendungsfälle sind im allgemeinen zum Belüften sowie unter Umständen zum Fördern von Heu und Stroh Axialgebläse und zum pneumatischen Fördern Radialgebläse wirtschaftlicher.

Es erscheint nicht möglich, unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand ein Universalgebläse zum Belüften und Fördern aller in Frage kommender Güter zu bauen, das in allen Fällen mit gutem Wirkungsgrad arbeitet.

Schrifttum

- [1] BICKEL, H.: Zur Frage des Strömungswiderstandes von Luzerne und luzernehaltigem Dürrfutter in Belüftungsanlagen. Landtechnische Forschung 6 (1956), S. 75—78
- [2] MATHIES, H. J.: Der Strömungswiderstand bei landwirtschaftlichen Belüftungsanlagen. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 101—109
- [3] SIMONS, D.: Untersuchungen über den Strömungswiderstand von Luft- und Getreideschüttungen. Dissertation, Braunschweig 1954
- [4] ECK, B.: Ventilatoren. Berlin 1957
- [5] ECKERT, B.: Axial- und Radialkompressoren. Berlin 1953
- [6] DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 8g, März, Mai, Juni 1957
- [7] DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 10c, Dezember 1955

Résumé

J. Eisner: "The Fields of Application of Radial and Axial Blowers in Agricultural Engineering."

Up to the time of writing the utility in agriculture of blowers has only been examined in some isolated special cases. In the same way the demands on the blowers have only been laid down for some very special and limited purposes.

The economic importance of pneumatic systems in agricultural engineering warrants that the special demands made upon them with regard to air pressure and flow be laid down. The pressures and quantities of air required for pneumatic conveyors and for ventilating purposes are laid down and compared.

The various types of blowers are carefully investigated from the point of view of their basic dimensions and their application in various branches of agricultural engineering. Axial blowers are generally more suitable for ventilation purposes and the movement of hay and straw by pneumatic conveyors, whilst radial blowers are more suited to other types of pneumatic conveyors.

It does not appear possible to construct an efficient universal type of blower that can be used for ventilation purposes and also for the conveyance of all types of agricultural produce by pneumatic conveyor.

Neuer Vorstand des KTL

Vor kurzem wurde vom Hauptausschuß des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) der neue Vorstand gewählt. Der Vorstand setzt sich nunmehr aus folgenden Herren zusammen:

- Dr. ECKHARDT, Dortmund;
- Fabrikbesitzer FENDT, Marktoberdorf;
- Landwirt HESS, Garching;
- Dr. LENTZ, Hannover;
- Prof. Dr. PREUSCHEN, Bad Kreuznach;
- Prof. Dr. SCHAEFER-KEHNERT, Göttingen;
- Prof. Dr. SPEISER, Hannover;
- OLR WESSELHOEFT, Büdingen.

In der Vorstandssitzung vom 7. November 1960 wurde von den Vorstandsmitgliedern OLR WESSELHOEFT erneut zum Vorsitzenden des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft gewählt. Erster Stellvertreter ist Landwirt HESS, Garching, weitere Stellvertreter sind Prof. Dr. SPEISER, Hannover, und Prof. Dr. PREUSCHEN, Bad Kreuznach.

J. Eisner: «Les applications des ventilateurs radiaux et axiaux dans la technique agricole.»

On n'a étudié jusqu'ici que l'utilité des ventilateurs dans des cas spéciaux de l'agriculture. De même, les capacités exigées des ventilateurs ne sont étudiées qu'en vue d'applications déterminées et restreintes.

Cependant, l'importance économique des ventilateurs dans la technique agricole exige d'établir un tableau complet des pressions et des débits d'air nécessaires dans les diverses conditions. L'auteur discute et compare les pressions et les débits d'air nécessaires au transport pneumatique et à l'aération. Il examine à l'aide de leurs capacités et de leurs dimensions qui sont en rapport étroit avec les premières, l'utilité des différents types de ventilateurs dans des cas précis. Dans le cadre des applications dans l'agriculture, les ventilateurs axiaux sont en général plus économiques pour l'aération et, dans certaines conditions, pour le transport du foin et de la paille que les ventilateurs radiaux qui conviennent surtout pour le transport pneumatique.

Il ne semble pas être possible de construire, dans des conditions économiques, un ventilateur universel pour l'aération et le transport de tous les produits agricoles qui travaille dans toutes les applications avec un rendement optimum.

J. Eisner: «Los campos de aplicación de los sopladores radiales y de los axiales en la técnica de la agricultura.»

Hasta la fecha se ha estudiado la aplicación de sopladores en la agricultura solamente con vista a casos muy especiales, como también se han expuesto las condiciones que deben exigirse a los sopladores, exclusivamente para aplicaciones determinadas y de uso limitado. La importancia que los sopladores tienen para la agricultura, parece que exige una demostración amplia de todas las condiciones que deben exigirse a los sopladores en cuanto a presión y cantidad de paso. Se detallan aquí las presiones necesarias y las cantidades de paso necesarias para la elevación y el transporte neumáticos y para la ventilación en el terreno de la agricultura, estableciéndose comparaciones.

Se aprecian las diferentes construcciones de sopladores a base de sus características y de las relaciones que en su consecuencia determinan su aplicación en los diferentes casos. Dentro del margen de aplicación en la técnica de la agricultura, por general los sopladores axiales merecen la preferencia para la ventilación y, en casos determinados, para el transporte de heno y de paja, y los sopladores radiales para el transporte neumático.

Nos parece imposible construir un soplador universal bajo condiciones racionales, tanto para la ventilación como para el transporte de toda clase de productos agrícolas y que en todos los casos tenga un buen efecto útil.