Zeitschrift: Der Traktor und die Landmaschine : schweizerische landtechnische Zeitschrift

Herausgeber: Schweizerischer Verband für Landtechnik

Band: 26 (1964)

Heft: 8

Rubrik: IMA-Mitteilungen

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

IMA-MITTEILUNGEN 7-9 · 64

9. Jahrgang Juli-September 1964

Herausgegeben vom Schweiz. Institut für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik in Brugg, Aargau

Verantwortliche Redaktion: J. Hefti und W. Siegfried

Beilage zu Nr. 8/64 von «DER TRAKTOR und die Landmaschine»

Heubelüftung

Sachbearbeiter: F. Zihlmann, ing. agr. (1. Teil)

Vorwort der Redaktion: Es sind bald 10 Jahre her, seitdem bei uns die ersten Heubelüftungsanlagen eingerichtet wurden. Nach ersten Erfolgen und teilweise auch Misserfolgen nahm sich eine Kommission von Fachleuten unter Führung der Versuchsanstalt Liebefeld den Fragen der Heubelüftung an. Anhand von Untersuchungen qualitativer und teilweise auch technischer Art wurde bald erkannt, dass der Erfolg einer solchen Anlage nicht nur vom Ventilator, sondern weitgehend von der Tüchtigkeit des Betriebsleiters (richtige Wartung und Beschickung), wie auch von der Art und Ausbildung des Luftverteilungssystems abhängt. Aus diesem Grunde war man mit der technischen Prüfung von Ventilatoren sehr zurückhaltend. Nachdem nun aber in den letzten Jahren das Interesse an der Heubelüftung aus verschiedenen Gründen stark zugenommen hat und anderseits von der Verkaufsseite her der Erfolg oder Nichterfolg einer Anlage stark fabrikatbetont wird, sahen wir uns veranlasst, die Ventilatoren einer eingehenden technischen Prüfung zu unterziehen. Diese hat, wie die folgenden Ausführungen zeigen, interessante Ergebnisse gezeitigt. Es gilt aber nach wie vor, dass eine erfolgreiche Heubelüftung weitgehend Sache der richtigen Wartung und Beschickung ist und von der Gestaltung des Luftverteilungssystems (Kanäle und Roste) abhängt.

Eine Heubelüftungsanlage besteht aus Heulüfter und Kanalsystem einschliesslich Flachroste. Es handelt sich nicht um fertig vorfabrizierte Anlagen. Das Kanalsystem und die Flachroste sind jeweils den vorhandenen Gebäudeverhältnissen anzupassen. Eine Prüfung von ganzen Heubelüftungsanlagen versprach daher wenig Erfolg, weil die Ergebnisse zu sehr von Nebenerscheinungen beeinflusst würden. Man sah sich vor die Wahl gestellt, entweder die Heulüfter oder die verschiedenen Kanalsysteme für sich zu prüfen. Für einen Vergleich der verschiedenen Kanalsysteme müsste man überall den gleichen Lüfter verwenden, wobei dessen Charakteristik zum voraus bekannt sein müsste. Es war daher naheliegend, dass wir uns vorerst nur den Heulüftern zuwandten.

1. Allgemeine Grundlagen

Bevor man an die Prüfung der Heulüfter heranging, hatte man sich zu fragen, was für Gesichtspunkte für die Beurteilung hinsichtlich der praktischen Eignung wichtig sind.

Wesentlich sind: Der Gesamtdruck, die Luftmenge, der Stromverbrauch, der Wirkungsgrad und der Lärm (Schallpegel).

a) Der Gesamtdruck

Um das Heu belüften zu können, muss der Ventilator die Luft mit einem gewissen Druck durch das Heu pressen. Der Widerstand, den das Heu gegen das Durchströmen der Luft ausübt, ist sehr unterschiedlich. Am meisten ist er von der Durchflussgeschwindigkeit abhängig. Die praktischen Messungen haben ergeben, dass der Gegendruck in einem Bereich von 15 bis 55 mm Wassersäule (WS) liegt. Heustöcke, in welchen bei normalen Luftmengen der Gegendruck über 55 mm WS steigt, sind schon derart zusammengefallen, dass sie auch bei dauernder Belüftung mit grosser Wahrscheinlichkeit grau und schimmlig werden. In den häufigsten Fällen ist mit einem Gegendruck von 25 bis 30 mm WS zu rechnen. Da aber immer ein gewisser Druckverlust entsteht, sei es im Ansaug- oder im Druckkanal, so muss der Ventilator für einen grösseren Druck ausgelegt werden. Der effektive Gegendruck liegt daher meist in einer Grössenordnung um 40 mm WS herum. Der Gesamtdruck des Ventilators, welcher sich aus dem statischen und dynamischen Druck zusammensetzt, muss den Gegendruck durch das Heu samt Verlusten überwinden.

b) Die Luftmenge

Die Luftmenge, welche ein Ventilator fördert, ist von der Drehzahl und vom Durchmesser des Flügelrades sowie der Flügelstellung und -zahl abhängig. Jeder Ventilator hat eine eigene Charakteristik, die den Zusammenhang zwischen der Fördermenge und dem Gegendruck angibt. Im normalen Arbeitsbereich nimmt die Fördermenge mit zunehmendem Druck ab. Daher kann ein Ventilator nur auf Grund seiner gesamten Charakteristik beurteilt werden, und dennoch gibt es gewisse Fixpunkte, welche für die Beurteilung von besonderer Bedeutung sind. Wir wollen uns hier auf das beschränken, was im Hinblick auf die Heubelüftung von Bedeutung ist.

Oben wurde dargelegt, dass der effektive Gegendruck, welchen ein Heulüfter zu überwinden hat, meist in der Grössenordnung von 40 mm WS liegt. Aus diesen Gründen wurde als Nennleistung die Leistung bei einem Gesamtdruck (statischem plus dynamischem Druck) von 40 mm WS festgelegt. Die Nennleistung ist die wichtigste Kennzahl für die Berechnung der Belüftungsfläche bzw. der auf einmal zu belüftenden Heumenge. Pro m^2 Belüftungsfläche rechnet man mit rund 0,1 m^3/s Luft.

c) Der Stromverbrauch (Leistungsbedarf)

Beim Leistungsbedarf ist zu unterscheiden zwischen der vom Motor aufgenommenen und abgegebenen Leistung. Für die praktische Beurteilung

des Heulüfters (Ventilator und Motor) ist die aufgenommene Leistung wichtig, weil sie für den Stromverbrauch massgebend ist.

Neben dem Stromverbrauch ist gleichzeitig dem Anschlusswert (Nennstrom in A) Beachtung zu schenken. Für Drehstrommotoren mit 1500 U/min und einer Spannung von 380 V betragen die höchstzulässigen Nennleistungen bei Sterndreieck-Anlauf (und Schleifringmotoren)

9,5 kW = 13 PS bei 20 A Sicherungsnennstrom
12,0 kW = 16 PS bei 25 A Sicherungsnennstrom

Bei polumschaltbaren Motoren (mit zwei oder drei Drehzahlstufen) liegt die höchstzulässige Nennleistung tiefer, weil der Nennstrom pro PS höher ist.

Dieser kleine Hinweis zeigt, dass es in Betrieben, in welchen die Zuleitung auf 25 A abgesichert ist, oft nicht möglich ist, einen zweiten Elektro-Motor neben dem Heulüfter laufen zu lassen.

d) Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad, welcher eine errechnete Grösse aus Luftmenge, Gesamtdruck und Leistungsaufnahme darstellt, gibt Auskunft über den Nutzeffekt des Heulüfters. Da darin die wichtigsten Faktoren enthalten sind, widerspiegelt sich in der Wirkungsgradkurve in besonderer Art und Weise die Qualität des Heulüfters. Je grösser der Wirkungsgrad ist, desto weniger Strom wird für die Belüftung einer bestimmten Heumenge benötigt. Wesentlich ist dabei, dass der Wirkungsgrad im Bereich von 30 bis 50 mm WS möglichst hoch liegt.

e) Der Lärm (Schallpegel)

Im gewöhnlichen Sprachgebrauch unterscheiden wir Geräusch, Schall, Lärm, Knall etc. und verstehen darunter eine Art Abstufung nach Schallstärke. Dass uns diese Begriffe für eine exakte Beurteilung nicht genügen, dürfte klar sein. Nun, was ist Schall, und wie wird er gemessen? Als Schall (Gehörschall) bezeichnet man schnelle Luftdruckschwankungen mit einer Schwingungszahl von etwa 20 bis 20 000 Hz (Hertz = Schwingungen pro Sekunde). Schwingungen unterhalb und oberhalb dieses Bereiches werden vom menschlichen Ohr in der Regel nicht mehr wahrgenommen. Das physikalische Mass für den Schall ist der Schalldruck in Mikrobar, der mit einem Messinstrument erfasst werden kann. Ein Luftdruck von 1 Mikrobar bedeutet den einmillionsten (1/1 000 000) Teil einer Atmosphäre. Für die Praxis ist die Angabe des reinen Schalldruckes in Mikrobar viel zu umständlich, da man zu sehr grossen Zahlenwerten käme. Deshalb hat man für die Angaben des Schallpegels Relativwerte gewählt, die durch Vergleiche mit einem Bezugsschalldruck gewonnen werden. Als Masseinheit für den Relativschallpegel wurde das Bel festgelegt. Mit o Bel oder Schalldruckpegel o bezeichnet man die sogenannte Hörschwelle, also die Lautstärke, die vom menschlichen Ohr gerade noch wahrgenommen wird. Sie entspricht einem Schalldruck von 0,0002 Mikrobar. Die Masseinheit Bel ist ungebräuchlich, weil sie für die Praxis zu grob ist. Man hat sie einfach in 10 glei-

che Teile geteilt; ein Bel entspricht also 10 Dezibel, abgekürzt 10 dB. Für die richtige Beurteilung einer Lautstärke ist es wichtig zu wissen, dass eine Erhöhung oder eine Verminderung der Lautstärke um 10 dB einer Verdoppelung oder Halbierung des Lautstärkeeindrucks (bei 1000 Hz) entspricht.

Weiter ist zu beachten, dass die Empfindlichkeit des Ohres je nach Tonhöhe verschieden ist. Tiefere Töne sind für das Ohr bei gleich grossem physikalischem Schalldruck erträglicher als höhere Töne. Daher wurde nach einem neuen Maßstab gesucht, der den physiologischen Eigenschaften des menschlichen Ohres besser angepasst ist. Man begann neben dem Schalldruck gleichzeitig die Tonfrequenz zu bewerten. Von der American Standard Association (ASA) wurden drei Frequenzbewertungskurven ermittelt, die mit den Buchstaben A, B und C bezeichnet sind, wobei die ASA-Kurve A bis zu einer Lautstärke von 55 dB, die ASA-Kurve B von 55 bis 85 dB und die ASA-Kurve C über 85 dB angewandt wird. Auch bei den DIN-Phon ist eine Frequenzbewertung zugrunde gelegt. Die DIN-Phon stimmen weitgehend mit den Dezibel überein. Genau gleich gross sind sie bei 1000 Hz. Die Schallpegelmesser messen jedoch lediglich einen «gewogenen» Schallpegel in dB (A, B oder C). Deshalb haben wir uns für die Dezibel entschlossen und geben jeweils die Art der Bewertung (Kurve A, B oder C) an.

2. Die Prüfmethode

Nachdem die wichtigsten Gesichtspunkte für die Beurteilung von Heulüftern bekannt waren, ging es darum, das zweckmässige Prüfverfahren zu ermitteln. Es zeigten sich hier nach Rücksprache mit Aerodynamikern zwei Wege. Der eine bestand darin, die Lüfter in Annäherung an die in der Praxis vorliegenden Verhältnisse zu prüfen. Diese Methode wird bei der DLG angewandt. Der Lüfter wird in einer Gebäudeaussenwand eingebaut. Zwischen Lüfter und Kanal wird ein Diffusor (kegelförmiges Uebergangsstück zwischen Ventilator und viereckigem Kanal) angebracht. Die lichte Höhe und Breite des rechteckigen Prüfkanals ist verstellbar. Zur Messung wird saugseits ein Messrohr vorgesetzt. Ein solcher Prüfstand wäre sehr teuer zu stehen gekommen. Zudem hätten wir keinen Platz gefunden, um ihn aufzubauen.

Der andere Weg besteht darin, die Heulüfter allein für sich, ohne Rücksicht auf die praktischen Verhältnisse, zu messen. Auch wenn es auf den ersten Blick erscheinen mag, als ob diese Methode etwas praxisfern sei, so sprechen doch folgende Gründe dafür: Einmal ermöglicht der von uns bzw. Firma Ventilator AG, Stäfa, aufgebaute Prüfstand eine exaktere Messung des Ventilators. Zudem war er bedeutend billiger. Weiter ist zu beachten, dass die Nachahmung der in der Praxis vorliegenden Verhältnisse eine Nachahmung bleibt und die gegebenen Verhältnisse tatsächlich immer anders sind.

Der Prüfstand, welchen die Firma Ventilator AG, Stäfa, in verdankenswerter Weise zur Verfügung stellte, war wie folgt aufgebaut:

Für jede Heulüftergrösse wurde ein eigener Luftkanal errichtet. Da wir uns aus verschiedenen Gründen auf wenige Grössentypen beschränken mussten, so wurde je ein Luftkanal von 800, 900 und 1000 mm Durchmesser mit den gleichen Massverhältnissen aufgebaut. So betrug, wie das aus Abbildung 1 hervorgeht, die Länge des Einlauftrichters D/2 (D = Durchmesser), der Abstand zwischen Einlauftrichter und erster Meßstelle D/4, zwischen erster Meßstelle und Gitter 2 D, zwischen Gitter und zweiter Messstelle 5 D, zwischen zweiter Meßstelle und Heulüfter D und zwischen Lüfter und Kanalende 3 D.

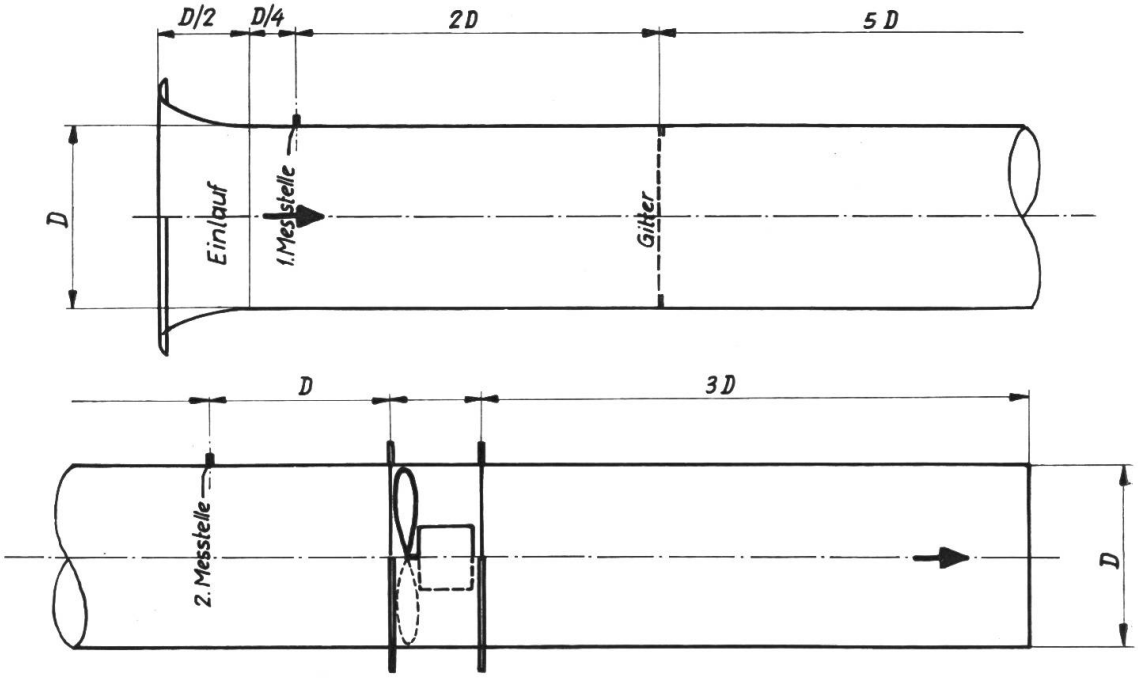


Abb. 1: Darstellung des Messkanals

Der Ansaugtrichter war aerodynamisch optimal ausgebildet und war somit günstiger als der Einlauf an den meisten Heulüftern.

Die erste Meßstelle diente zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit und somit auch der Luftmenge. Mit einem Differenzmanometer wurde der Druckunterschied (p_d) an drei Stellen des Innenumfanges zwischen der Aussenluft (dem atmosphärischen Luftdruck) und dem statischen Unterdruck im Kanal gemessen. Mit Hilfe der Bernoullischen Gleichung liess sich dann die Luftgeschwindigkeit (w) berechnen, wobei

$$w = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot p_d} \quad \text{ist } (\rho = \text{Luftdichte})$$

Die Luftmenge ergibt sich als Produkt der berechneten Geschwindigkeit und der Querschnittsfläche. Die schon vorhandene dünne Grenzschicht an den Kanalwänden wurde durch einen Faktor α berücksichtigt.

Mit den Gittern wird ein künstlicher Gegendruck erzeugt. Sie erfüllen die Funktion des Heustockes, nur mit dem Unterschied, dass der Gegendruck beliebig variiert werden kann. Bei der Messung wurde so vorgegangen,

dass zunächst kein Gitter eingesetzt wurde. Damit erhielt man den untersten Messpunkt mit der grössten Luftmenge. Darauf wurden schrittweise immer mehr Gitter eingesetzt und darauf geachtet, dass man eine gute Verteilung der Messpunkte erreichte. Je mehr Gitter hineingelegt wurden, desto grösser wurde der Gegendruck. Gleichzeitig ging die geförderte Luftmenge zurück, wie das aus den Diagrammen ersichtlich ist.

An der zweiten Meßstelle wurde der Druckunterschied an drei Stellen des Innenumfanges zwischen dem atmosphärischen Luftdruck und dem statischen Unterdruck im Kanalinnern gemessen. Dieser Druckunterschied entspricht dem Gesamtdruck des Heulüfters (Δp_t) und ist eine wesentliche Grösse für die Beurteilung des Heulüfters.

Zur Messung der vom Motor aufgenommenen Leistung diente ein Wattmeter. Der Schallpegel wurde im Freien bei voller Luftmenge (ohne Drosselung) in einem Abstand von 7 m gemessen. Mit Hilfe eines Oktavfilters wurde ferner das ganze Spektrum über den ganzen Frequenzbereich aufgenommen.

3. Interpretation der Kurven

Das Lesen der Kurven bereitet einige Schwierigkeiten, weil sie nur aus den Zusammenhängen richtig verstanden werden. Ein einzelner herausgenommener Punkt gibt uns keinen Aufschluss über die Qualität des Heulüfters, sondern wir müssen uns die Charakteristik über einen ganzen Bereich vergegenwärtigen.

Ein wichtiger Augangspunkt ist die Luftmenge (Q in m^3/s) bei einem Gesamtdruck (Δp_t) von 40 mm WS, und daher wird diese auch als Nennleistung bezeichnet. Für jeden Heulüfter, unabhängig davon, ob er gut oder schlecht ist, können wir die Nennleistung bestimmen. Sie ist aber der wichtigste Ausgangspunkt für verschiedene Berechnungen, wie z. B. der Belüftungsfläche oder der pro Charge zu belüftenden Heumenge.

Das Heulüfter-Diagramm ist wie folgt aufgebaut: Auf der Abszisse (Waagrechten) ist die Luftmenge (Q in m^3/s) aufgetragen. Auf der Ordinate (Senkrechten) finden wir oben die Gesamtdruckkurve (Δp_t), in der Mitte die Leistungsaufnahmekurve (N_{el}) und unten die Gesamtwirkungsgradkurve (ηg) von Heulüfter und Motor. Alle drei Kurven sind in Abhängigkeit von der Luftmenge dargestellt. Die Mess-Skalen für den Gesamtdruck und den Wirkungsgrad sind auf der linken und für die Leistungsaufnahme auf der rechten Seite aufgetragen.

Der Gesamtdruck: Charakteristisch für die Druckkurve ist, dass sie mit abnehmender Luftmenge steigt, ein Maximum erreicht und dann wieder zurückfällt. Für die Beurteilung ist nur der Bereich vom tiefsten bis zum höchsten Punkt wichtig, und daher ist sie in diesem Bereich ausgezogen gezeichnet. In der Gegend der Pumpgrenze reisst die Luftströmung an den Laufschaufeln ab. Ein Teil der Luft schlägt in der Nebengegend des Ventilators zurück.

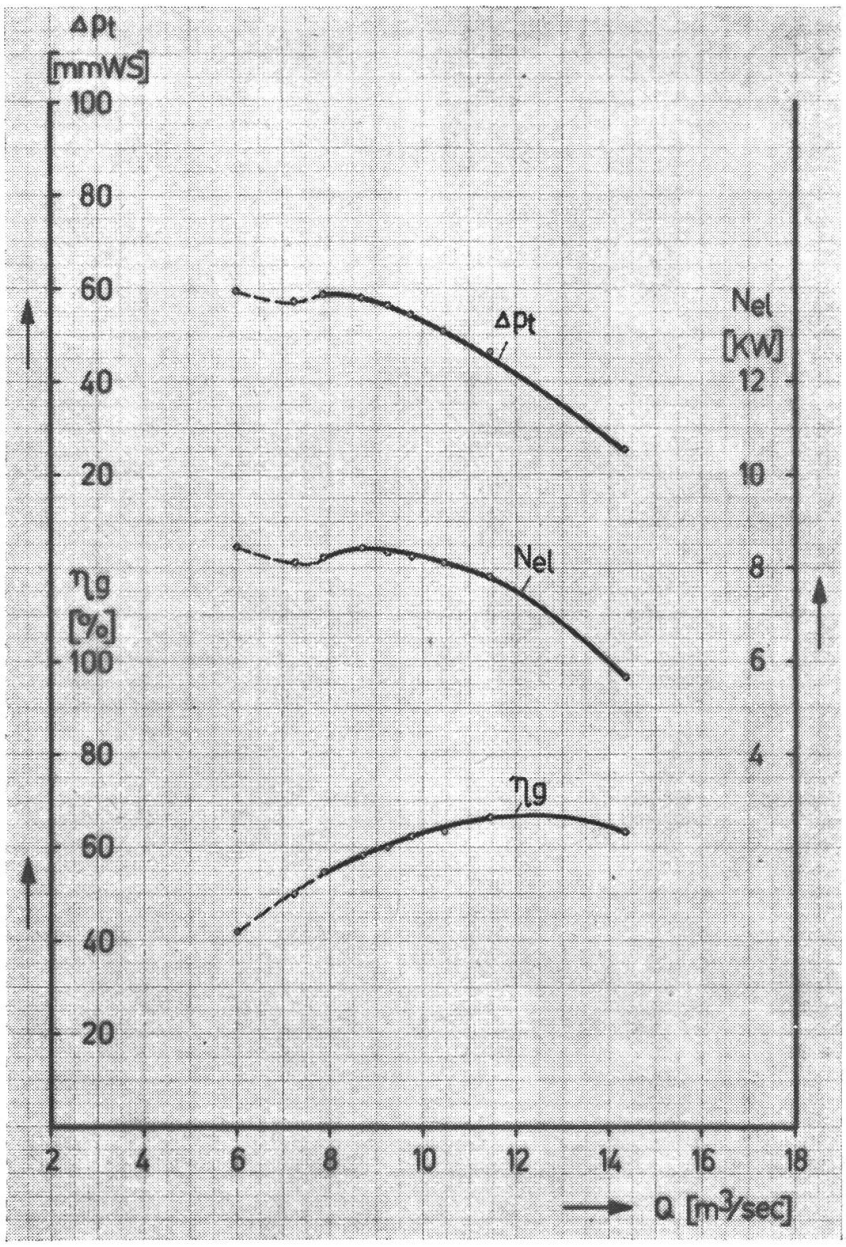
Abb. 2:
Heulüfter-Diagramm

Q = Luftmengen in m^3/s

Δpt = Gesamtdruck (dynamischer plus statischer Druck) in mm WS

N_{el} = Leistungsaufnahme des Motors in kW

ηg = Gesamtwirkungsgrad von Heulüfter und Motor in %



Im Bereich von noch kleinerer Luftmenge ist jede Belüftung unwirtschaftlich. Daher müssen die Heulüfter so gebaut sein, dass in der Praxis der Gegendruck nicht über die Pumpgrenze hinaus steigt. Im allgemeinen Teil haben wir festgehalten, dass in der Praxis Gegendrücke von 15 bis 55 mm WS gemessen wurden, wobei in den meisten Fällen mit einem Gegendruck von 25 bis 40 mm WS zu rechnen ist. Daraus kann abgeleitet werden, dass für kleinere Anlagen (Heulüfter mit 800 mm Durchmesser) ein Gegendruck von 50 mm WS genügt. Bei grösseren Anlagen und wenn der Heustock über 5 m hoch wird, ist ein maximaler Gesamtdruck von 60 mm wünschenswert.

Wesentlich ist, dass die Druckkurve mehr oder weniger steil verläuft, d. h. mit andern Worten, dass die Luftmenge im Vergleich zur Nennleistung bei einem Gesamtdruck von 50 mm WS nicht zu stark zurückfällt.

Die Leistungsaufnahme des Motors wird in Kilowatt (kW) gemessen. Wenn die mittlere Leistungsaufnahme mit der Anzahl Belüftungsstunden multipliziert wird, erhalten wir den Stromverbrauch in kWh.

Der Wirkungsgrad sollte mindestens im Bereich zwischen 30 und 50 mm WS möglichst hoch sein, d. h., dass die Kurve in diesem Bereich möglichst flach verlaufen sollte. Zu beachten ist jedoch, dass die Heulüfter mit kleinerem Durchmesser immer einen schlechteren Wirkungsgrad aufweisen als jene mit grösserem Durchmesser.

Die Lautstärke sollte selbstverständlich möglichst tief liegen. Ein Schallpegel unter 70 dB wird als gering, von 70—80 dB als mittelmässig und über 80 dB als stark bewertet.

Zusammenstellung geprüfter Heubelüfter

Firma	Typ	Durchmesser	Motorleistung PS	Umdrehungen U/min.	Nennstrom A	Luftmenge bei 40 mm WS m³/s	Max. Druck mm WS	Wirkungsgrad bei mm WS 30	40	50	Grundfläche m²	Schallpegel dB
Bleibler, Winterthur	BL 800	800	5,5	1425	8,9	6,0	56	49	54	55	60	83
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 8,0	800	5,5	1420	9,0	6,9	51	68	66	57	70	73
Siemens, Zürich	KLOR 80/2 S	800	9,5	1430	14,5	9,9	58	61*	68	68	100	77
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 9,0	900	7,5	1430	12	9,9	56	66	67	63	100	79
SUMAG, Wil SG	900	900	7,5	1445	12	10,1	57	55	59	62	100	87
Lanker, Speicher	HBA-SMS IV	900	7,5	1435	11,3	10,4	52	68	71	66	105	76
Bleibler, Winterthur	BL 940	940	10	1440	15	10,5	77	56	64	69	105	90
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 62	940	8,5	1460	15,1	11,6	65	61	65	67	115	87
			3,5	970	7,5	—	29	—	—	—	—	79
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 61	940	12	1455	20,3	15,2	74	54*	61	65	150	90
			6	965	10,7	—	33	—	—	—	—	77,5
			3,4	710	7,8	—	18	—	—	—	—	71
Rüst, Arnegg SG	Helios 95/7	950	10	1440	15	12,4	68	61	65	65	125	81
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 9,6	960	10	1430	16	12,3	59	65	67	64	125	78
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 10,2	1020	15	1430	22,3	16,8	80	68*	72	72	170	81
Bleibler, Winterthur	BL 1080	1080	15	1450	22	15,4	80	52*	60	66	155	94

* extrapoliert, nicht gemessen

(Fortsetzung folgt)

In jedem Dorf

sind Traktorhalter anzutreffen, die unserer Organisation noch nicht angeschlossen sind. Mitglieder, bewegt diese zum Beitritt in die betreffende Sektion, oder meldet wenigstens ihre Adresse dem Zentralsekretariat des Schweiz. Traktorverbandes, Postfach 210, 5200 Brugg. Besten Dank.