

Zeitschrift: Der Traktor und die Landmaschine : schweizerische landtechnische Zeitschrift
Herausgeber: Schweizerischer Verband für Landtechnik
Band: 31 (1969)
Heft: 2

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: 25.07.2025

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



Beilage zu Nr. 2/69 von «DER TRAKTOR und die Landmaschine»

Strömungstechnische Grundlagen und deren Anwendung bei der Belüftungs- technik und beim pneumatischen Transport

F. Zihlmann, Ing. Agr.

(1. Teil)

Gebälse und Ventilatoren finden eine immer grössere Verbreitung in der Landwirtschaft. Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind: Heu- und Getreidebelüftung, Rohfutter- und Getreideförderung, sowie Stallklimatisierung. Die Vorgänge bei Luftströmungen können nicht unmittelbar visuell beobachtet werden, wie es z. B. bei der Mechanik weitgehend möglich ist. Daher brauchen wir Messinstrumente um die physikalischen Vorgänge der bewegten Luft feststellen zu können. Die mit den Instrumenten ermittelten Messwerte nützen nur demjenigen etwas, der sie auch richtig zu deuten vermag. Die Anforderungen wären zu hoch gestellt, wenn man vom Landwirt verlangen würde, die strömungstechnischen Grundgesetze mit all ihren komplizierten Zusammenhängen zu verstehen. Daher beschränken wir uns hier lediglich auf einige wesentliche Grundbegriffe, die das sogenannte «technische ABC» darstellen. Wie wir das Alphabet kennen müssen, um ein Schriftstück lesen zu können, so müssen wir die wichtigsten technischen Grundbegriffe kennen, um technische Messwerte zu begreifen.

1. Druckmessungen

Die meisten Strömungsvorgänge, sei es bei Luft oder Wasser, werden mit Druckmessinstrumenten kontrolliert. Die am häufigsten verwendeten Druckmessgeräte sind das Manometer und das Barometer.

1.1 Der Barometerstand

Der Landwirt ist mit dem Barometer im allgemeinen gut vertraut. Im Sommer klopft er vielfach mehrmals pro Tag an das Barometer, um festzustellen, ob der Barometerstand steigt oder sinkt. Steigender Barometerstand kündigt schönes Wetter an. Das Barometer misst nichts anderes als den Luftdruck. Der Barometerstand ist bekanntlich ausser den temporären klimatischen Schwankungen auch von der Höhe des Standortes über Meer abhängig. Auf Meereshöhe beträgt der mittlere Barometerstand 760 mm Hg (Quecksilbersäule). Auf 500 m über Meer sinkt der Barometerstand auf 716 mm Hg und bei 1000 m über Meer auf 674 mm Hg. Als physikalische Atmosphäre (atm) bezeichnet man den Druck von 760 mm Hg (auch 760 Torr genannt). In der Technik verwenden wir bei Druckmessungen nicht die physikalische Atmosphäre (atm) sondern die technische Atmosphäre (at) welche dem Druck von einem Kilogramm auf einen Quadratcentimeter Grundfläche also 1 kp/cm² oder neuerdings 1 kp/cm² *) entspricht.

Druckmasse und Umrechnungen

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ Torr} = 1,033 \text{ kp/cm}^2 = 10\,332 \text{ mm WS}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr} = 0,00136 \text{ kp/cm}^2 = 13,6 \text{ mm WS}$$

$$1 \text{ at} = \text{kp/cm}^2 = 735,6 \text{ mm Hg} = 735,6 \text{ Torr} = 10\,000 \text{ mm WS}$$

$$1 \text{ mm WS} = 1 \text{ kp/m}^2 = 0,0001 \text{ kp/cm}^2 = 0,0001 \text{ at}$$

*) Der Begriff Gewicht ist im Sprachgebrauch doppeldeutig, er wird sowohl zur Bezeichnung der Masse (Menge) als auch für die Bezeichnung der Gewichtskraft verwendet. Wenn eine Hausfrau 1 kg Brot oder Fleisch einkauft, will sie damit eine bestimmte Menge einkaufen. Laden wir Heu oder Kies auf einen Wagen, wobei es z. B. darum geht, ob die Tragkraft der Reifen ausreicht, so interessiert uns nicht die Menge von Heu oder Kies, sondern lediglich der Druck, d. h. die Kraft, welche auf die Räder wirkt. Will man mit Gewicht die Menge bezeichnen, so verwendet man die Einheit kg; will man mit Gewicht die Kraft bezeichnen, so verwendet man die Einheit kp. Der Zahlenwert für Masse in kg und von diesen ausgeübten Gewichtskräften in kp ist dabei auf der Erde definitionsgemäss gleich, denn nach Definition gilt:

Die Kraft 1 Kilopond (kp) erteilt der Masse 1 Kilogramm (kg) die Beschleunigung 9,81 m/s². Da im technischen Mass-System die Kraft = 1 kp als Grundeinheit und die Masse als abgeleitete Grösse verwendet und im internationalen Mass-System die Masse = 1 kg als Grundeinheit gewählt wurde, verändern sich die Dimensionseinheiten, wie folgt

$$1 \text{ kp} = 9,81 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 9,81 \text{ N (Newton)}$$

$$1 \text{ kg} = 0,102 \frac{\text{kp s}^2}{\text{m}}$$

Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass in der Physik die Grundgleichungen oft im internationalen Mass-System abgeleitet werden, weil die Zusammenhänge unmittelbarer zum Ausdruck kommen. Im Alltag verwenden wir viel mehr das technische Mass-System.

1.2 Drücke bei Luftstrommessungen

Die Drücke bei Luftströmungen werden mit dem Manometer gemessen und in der Regel in mm WS (Wassersäule) angegeben, was kp/m^2 entspricht. Als Manometer wird vielfach ein U-förmig abgebogenes Glasröhrchen benützt, welches zuvor bis zur halben Höhe mit Wasser gefüllt wird. Genau genommen wird damit die Druckdifferenz zum Atmosphärendruck gemessen und ist gleich dem Höhenunterschied der beiden Wasserspiegel im U-Röhrchen in mm. Da jeweils Druckdifferenzen gemessen werden, schreibt man ΔP (sprich Delta P).

1.2.1 Gesamt- oder Totaldruck P_t

Halten wir ein Messrohr in die Luftströmung, dass das offene Rohrende der Strömung entgegen gerichtet ist, so zeigt das am andern Rohrende angebrachte Manometer den Gesamtdruck ΔP_t an (Abb. 1).

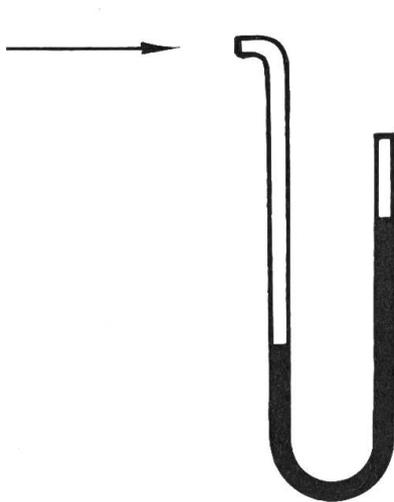


Abb. 1:
Pitot-Rohr: Die bewegte Luft prallt auf das offene Rohrende auf und erzeugt im Rohr einen Ueberdruck.

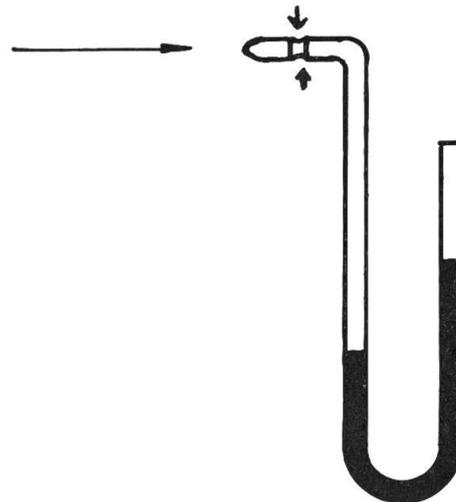


Abb. 2:
Drucksonde: Die Luft strömt seitlich am Messkopf des Rohres vorbei und übt gleichzeitig quer zur Strömungsrichtung einen Druck aus, welcher durch die Schlitze am Messkopf auf das Rohrinne wirkt.

1.2.2 Statistischer Druck P_{st}

Wird eine sogenannte Drucksonde, bei welcher das Rohrende geschlossen, dafür seitlich kleine Löcher oder Schlitze vorhanden sind, in Richtung der Strömung gehalten, so wird damit der Druck welcher senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt, gemessen (Abb. 2). Den gleichen Druck können wir auch feststellen, wenn wir den Luftkanal seitlich anbohren und den Seitendruck auf die Rohrleitung messen. Dies ist der statische Druck, und weil wir stets nur Druckunterschiede messen, bezeichnet man ihn als ΔP_{st} .

1.2.3 Dynamischer Druck oder Staudruck P_d

Der dynamische Druck ist gleich der Differenz zwischen dem Gesamtdruck und dem statischen Druck, also $\Delta P_d = \Delta P_t - \Delta P_{st}$ (vgl. Abb. 3). Da die meisten strömungstechnischen Vorgänge direkt mit dem Geschwindigkeits- oder Staudruck in Beziehung stehen, müssen wir uns noch etwas näher mit ihm beschäftigen. Der dynamische Druck ist auch gleich dem durch das Aufprallen der Luft (Staudruck) auf eine senkrecht zur Bewegungsrichtung stehende Platte erzeugte Druck. Die Wirkung des dynamischen Druckes hat sicher jeder schon bei einem Windsturm beobachtet. Der Geschwindigkeitsdruck nimmt proportional mit der halben Masse und im Quadrat mit der Geschwindigkeit zu. Die Grundgleichung im internationalen Mass-System lautet $P_d = \frac{\rho}{2} v^2$. Umgewandelt auf das technische Mass-System lautet die gleiche Grundgleichung

$$P_d = \frac{\gamma v^2}{2g} \quad \text{Gl 1}$$

P_d = dynamischer Druck in mm WS oder $\frac{kp}{m^2}$
 γ = (sprich Gamma) spezifisches Gewicht in $\frac{kp}{m^3}$
 g = Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m/s}^2$
 v = Geschwindigkeit in m/s

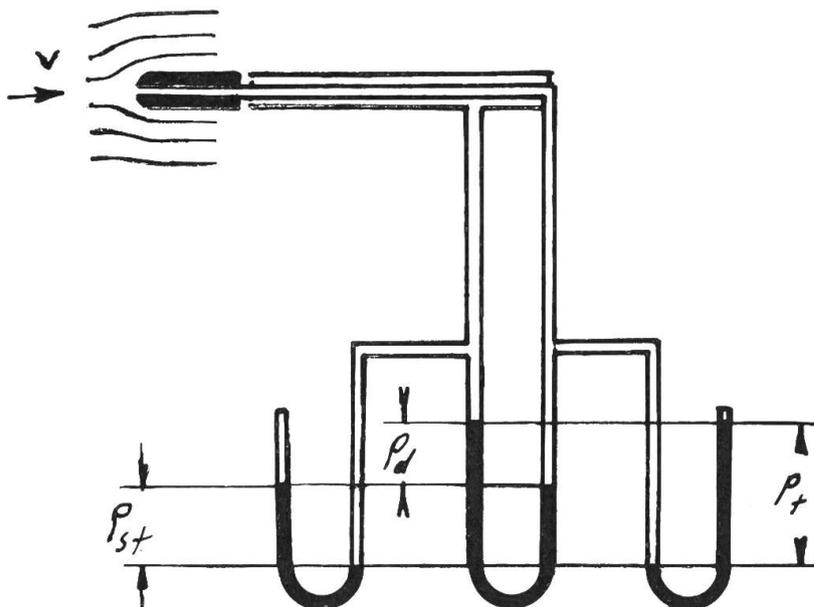


Abb. 3:
 Prandtl-Staurohr: Pitot-Rohr und Drucksonde sind in ein Instrument vereinigt.

P_t = Gesamtdruck
 P_{st} = statischer Druck
 P_d = dynamischer Druck

Das spezifische Gewicht γ ist abhängig vom Barometerstand, der Temperatur und der Feuchtigkeit. Um vergleichbare Werte zu erhalten, werden

in der Regel die gemessenen Werte beim effektiv γ auf den entsprechenden Wert für $\gamma = 1,2 \frac{\text{kp}}{\text{m}^3}$ umgerechnet. In Tabelle 1 sind einige Wertepaare des dynamischen Druckes und der Luftgeschwindigkeit ausgerechnet und in Abbildung 4 als Kurve dargestellt.

Abb. 4:
Der dynamische Druck (P_d) in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit.

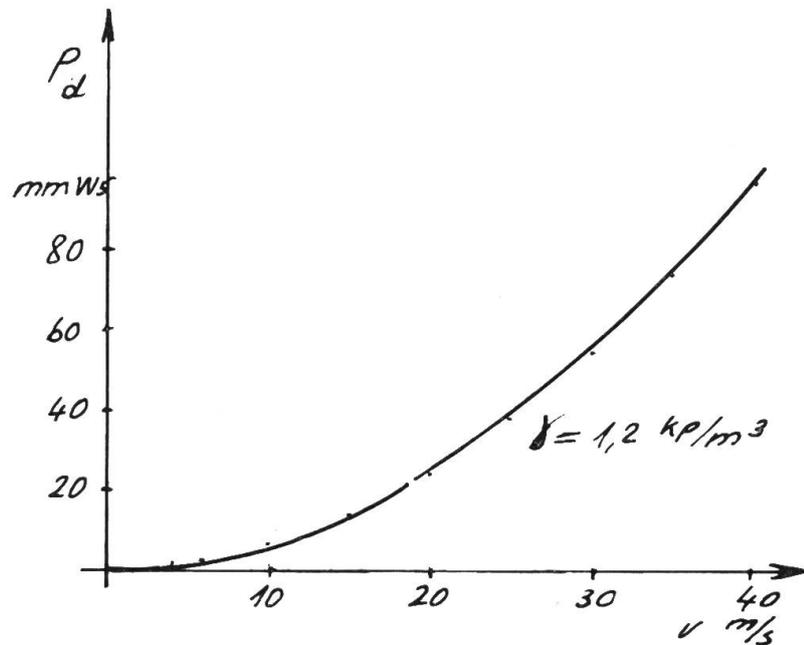


Tabelle 1:

Dynamischer Druck P_d in mm WS und Strömungsgeschwindigkeit v in m/s

Geschwindigkeit v m/s	Druck P_d mm WS	Geschwindigkeit v m/s	Druck P_d mm WS
1,0	0,06	15	13,8
1,5	0,14	20	24,5 ²⁾
2	0,24	25	38,2
4	0,98	30	55,1 ³⁾
6	2,20	35	74,9
8	3,91 ¹⁾	40	97,9
10	6,12		

1) Leichter Wind

2) Sturm

3) Orkan

Der Druckverlauf der drei verschiedenen Drücke (Gesamtdruck, statischer Druck und dynamischer Druck) auf einer Mess-Strecke ist in Abbildung 5 gezeigt. Bei der Prüfung von Ventilatoren dürfen aus messtechnischen Gründen die Messungen nicht unmittelbar nach dem Ventilator vorgenommen werden. Daher werden die effektiv gemessenen Werte auf den Bezugspunkt hinter dem Ventilator umgerechnet.

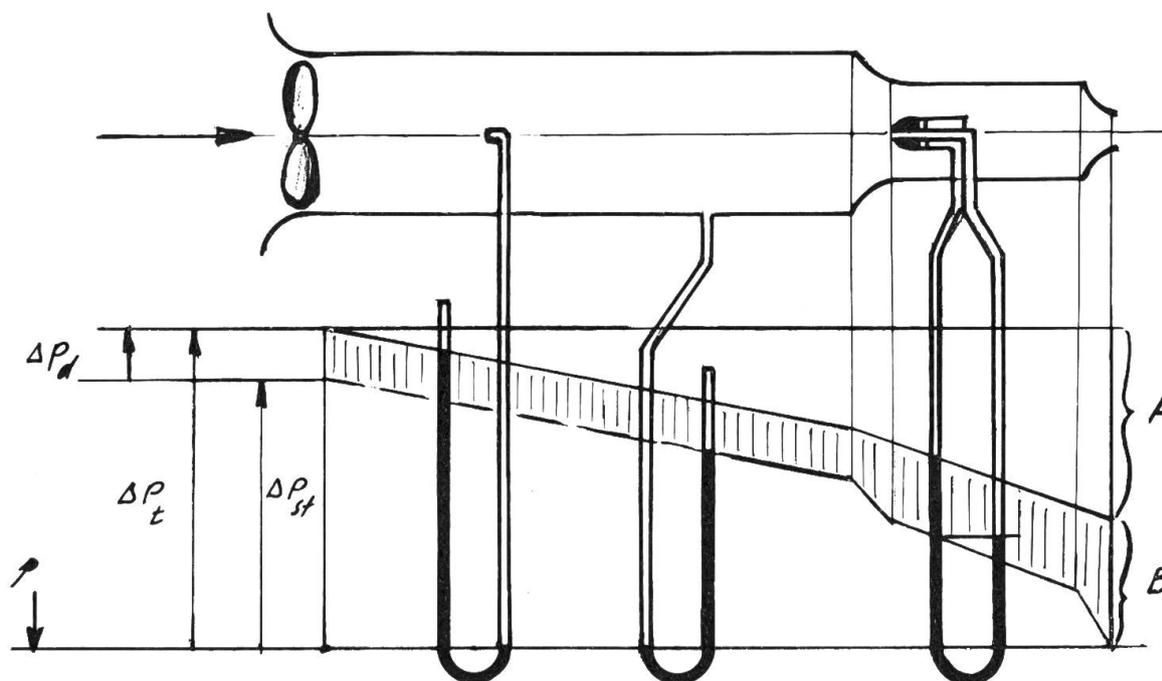


Abb. 5: Darstellung des Verlaufes der drei verschiedenen Drücke (ΔP_t = Gesamtdruck, ΔP_{st} = statischer Druck und ΔP_d = dynamischer Druck) in einer Mess-Strecke. Da die Messung druckseitig vorgenommen wird, handelt es sich bei den gemessenen Druckdifferenzen stets um einen Ueberdruck über dem atmosphärischen Druck (P).

A = gesamter Reibungsverlust der Mess-Strecke

B = dynamischer Druck an der verengten Ausblasstelle.

2. Die Anwendung der Luftströmungstechnik in der Landwirtschaft

Wenn es gilt den Luftstrom, sei es zur Belüftung von Räumen oder Trocknungsgut oder für den Transport von Fördergut auszunützen, so müssen wir sowohl für die Planung als auch für die Beurteilung von entsprechenden Anlagen die wichtigsten Druckverluste kennen. Im Folgenden gehen wir so vor, dass wir anhand von Beispielen aus der Praxis sowohl die physikalischen Zusammenhänge aufzeigen als auch die Grössen der Verluste zu bestimmen suchen. (Fortsetzung folgt)