

Luftbewegung um Dreschtrommeln

Von Hanns Trienes

Strömungsmessungen an Dreschtrommeln sind bisher nicht bekannt geworden. Bei der Bedeutung dieser Fragen, vor allem in Hinblick auf die Leistungsaufnahme von Dreschtrommeln im Leerlauf, lagen derartige Messungen nahe. Es sind verschiedene Methoden bekannt, die Bewegung der Luft zu erkennen [1]. Einmal die Sichtbarmachung der Strömung und zweitens die exakte Messung von Richtung und Geschwindigkeit der Strömung. Beide Methoden wurden verwendet, um Klarheit über die Strömungsverhältnisse um eine Dreschtrommel zu erhalten¹⁾.

Die Dreschtrommel ist neben ihrer eigentlichen Funktion, das Korn aus den Ähren zu dreschen, auch ein unerwünschter und unkontrollierter Wind-erzeuger. Der Wind verläuft sich irgendwie im Dreschkasten und tritt irgendwo unter Mitführung von Staub aus. Der Wind hat sehr wahrscheinlich auch einen erheblichen Einfluß auf das Wickeln der Getreidehalme. Vor allem wird aber zur Erzeugung des Windes Energie verbraucht. Der gesamte Leistungsbedarf der Trommel im Leerlauf ist, bis auf die Lagerreibung, letzten Endes auf den erzeugten Wind zurückzuführen. Oder anders ausgedrückt: wenn der Wind an der Trommel verringert werden könnte, würde der Leerlaufleistungsbedarf ebenfalls verringert. Daß es sich dabei um erhebliche Anteile am Gesamtleistungsverbrauch der Dreschmaschine handelt, beweisen u.a. die Versuche von *Fischer-Schlemm* [2, 3, 4], *Kühne* [5] und *Holldack* [6]. Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß der Leerlaufenergiebedarf rund 25%, teilweise mehr, ja bis zu 50% [2, 7] der Gesamtleistungsaufnahme einer Dreschmaschine im Drusch ausmachen kann. Wenn es gelingt, Energie einzusparen, kann das von Bedeutung, vor allem für den Mähdrescher [8] sein. Interessant sind die Ausführungen von *Brenner* [10], nach denen schon geringe Senkungen des Energieverbrauches bei der Unzahl der Dreschmaschinen beachtliche Energiemengen ergeben (vergl. hierzu auch *Knolle* [11]).

Die im Folgenden geschilderten Versuche sind reine Strömungsuntersuchungen mit dem Ziel, den Wind um die Trommel nach Richtung und Größe zu messen und, wenn möglich, bestimmte Rückschlüsse hinsichtlich der Energieersparnis daraus zu ziehen. Obwohl die Versuche nur im Leerlauf durchgeführt

wurden, so haben sie doch auch ihre Bedeutung für das Verhalten der Strömung im Drusch. Die Filme von *Schweigmann* [12] und *Finkenzeller* [13], vor allem aber der letzte Film von *Königer* und *Schulze* [14] zeigen die relative Leere der Dreschtrommelumgebung während des Drusches. Das bedeutet, daß beim Dreschen die Strömung ähnlich der im Leerlauf sein wird, weil die relativ wenigen Stroh- und Kaffeile sowie einige Körner wohl kaum einen wesentlichen Einfluß auf die Grundcharakteristik der Strömung haben werden.

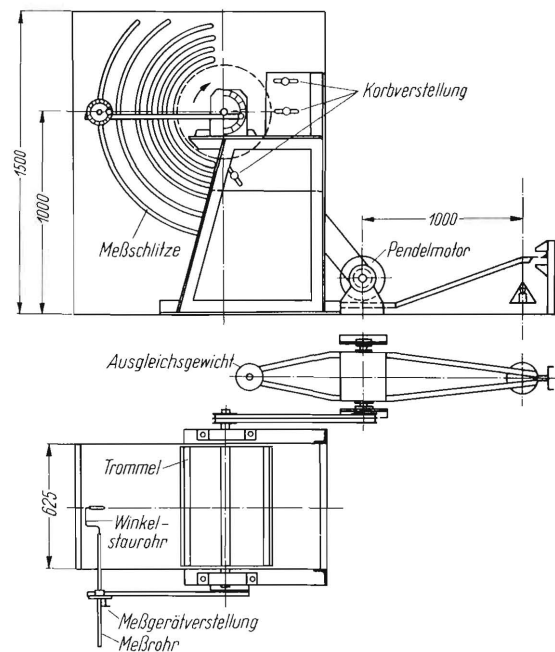


Bild 1. Aufbau des Dreschtrommelprüfstandes.

Derartige Strömungsmessungen an fertigen Dreschmaschinen sind schwierig. Man muß mit dem Meßgerät unmittelbar an die Trommel und ihre Umgebung heran. Das bedingt bauliche Veränderungen, z.B. Aufreißen der Seitenwände. Sehr oft ist die gute Zugänglichkeit zur Meßstelle dann noch durch andere Bauelemente gestört. Einfacher, vor allem aber systematischer lassen sich solche Messungen in einem besonders hergerichteten Prüfstand durchführen. Ein derartiger Prüfstand zur Untersuchung der Strömungsverhältnisse an Dreschtrommeln wurde gebaut.

Prüfstand und Meßanordnung

Bei der Konstruktion des Prüfstandes gingen wir zunächst von der Vorstellung aus, daß sich, bis auf die Randgebiete, um die Trommel im Leerlauf ein ebener Strömungszustand einstellen würde, d.h. daß

1) Die Durchführung der Versuche wurde durch einen Forschungsauftrag des Herrn Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen in dankenswerter Weise ermöglicht.

die Strömung in Ebenen senkrecht zur Trommelachse verlaufen würde und keine Strömungskomponenten parallel zur Trommelachse auftreten würden. Es sollte daher die Windrichtung und in dieser Richtung die Windgeschwindigkeit in der Mittelschnittebene der Trommel gemessen werden. Einige Messungen längs der Trommelbreite waren vorgesehen, um den Randeinfluß kennenzulernen. Dabei wurde daran gedacht, zunächst die Strömung um die freilaufende Trommel ohne Einbauten zwischen den Seitenwänden zu vermessen und dann die Strömung, die sich einstellt, wenn man Stück für Stück die Einbauten hinzufügt.

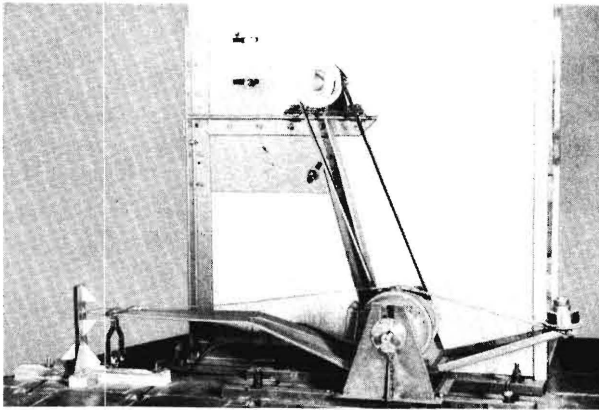


Bild 2. Antriebsseite des Dreschtrommelprüfstandes mit Pendelmotor.

Der Aufbau des Prüfstandes ist in **Bild 1** dargestellt. Die Dreschtrommel ist rechts und links auf einem Bock aus Winkeleisen gelagert. Auf der Antriebsseite des Prüfstandes treibt ein als Pendelmotor ausgeführter Elektromotor über zwei Keilriemen die Trommel, **Bild 2**. Keilriemen wurden gewählt, weil ihr Schlupf praktisch gleich Null ist und, unter Vernachlässigung der Energieaufnahme des

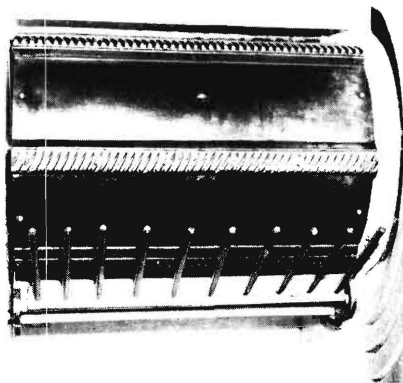


Bild 3. Geschlossene Dreschtrommel im Prüfstand. Die rechte Seitenwand ist durch Messschlitze durchbrochen.

Keilriemens, die abgegebene Motorleistung gleich der von der Trommel aufgenommenen Leistung ist. An beiden Seiten der Trommel sind im Abstand von etwa 25 mm zwei Wände angebracht, **Bild 3**. Die rechte Seitenwand ist durch Meßschlitze durch-

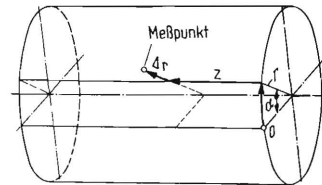
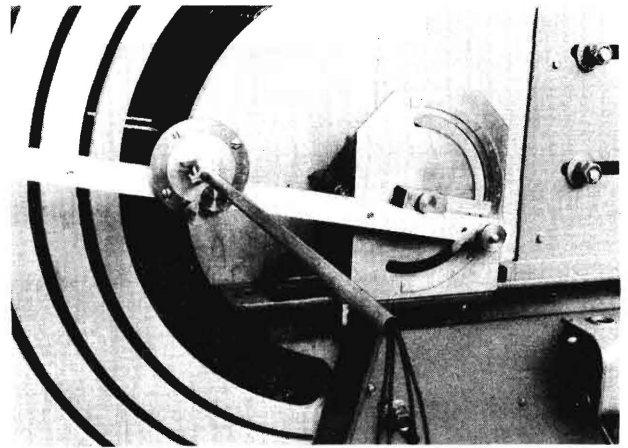


Bild 4. Messseite des Dreschtrommelprüfstandes mit eingebautem Messgerät. Daten der Messstelle:

- α Winkel zum horizontalen Radiusstrahl
- Δr radialer Abstand vom Trommelumfang
- z seitlicher Abstand von der Stirnfläche der Trommel

brochen. Diese Schlitze liegen auf Kreisbögen um die Welle und gestatten die Einstellung des Meßgerätes (Staurohr) in bestimmten Abständen von der Trommel und in beliebigem Winkel zur Horizontalen. Die Meßschlitze sind während der Messung abgedeckt, um ein seitliches Zuströmen der Luft zu verhindern. Jeder Meßpunkt *A* ist nach **Bild 4** festgelegt durch:

- α Winkel zur Horizontalen,
- Δr radialer Abstand von der Trommel,
- z seitlicher Abstand von der Stirnfläche der Dreschtrommel.

Die Windrichtung und in dieser Windrichtung die Windgeschwindigkeit wurden mit einem *Prandtl*-Rohr, das für diese Messungen zwei weitere Bohrungen hat, gemessen, **Bild 5** und **6**. Diese beiden Bohrun-

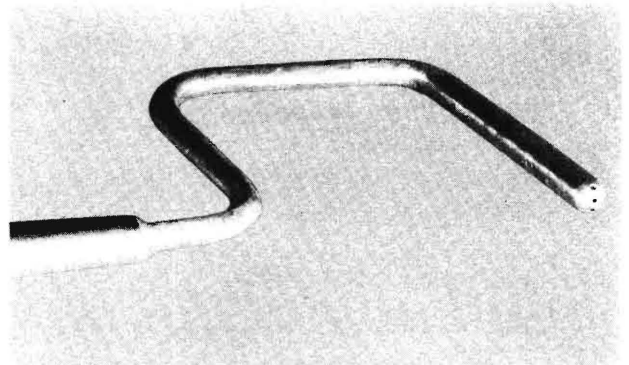


Bild 5. *Prandtl*-Rohr zur Messung des Staudruckes mit zusätzlichen Bohrungen zur Richtungsbestimmung des Windes.

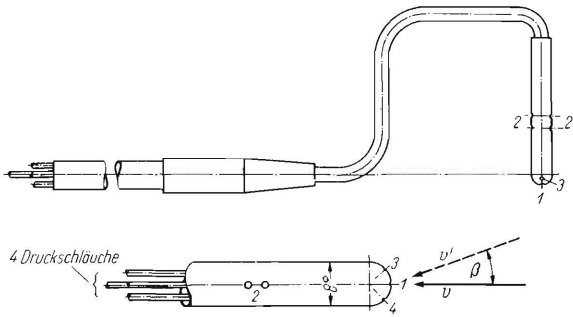


Bild 6. Wirkungsweise des Winkelstaurohres.

Bohrung 1: Messstelle des Gesamtdruckes
Bohrung 2: Messstelle des statischen Druckes } *Prandtl-Rohr*
Bohrung 3 und 4: Messstellen zur Ermittlung der Druckabnahme für die Richtungsbestimmung des Windes.

gen 3 und 4 sind jeweils um 45° nach oben und unten im Kopf des Gerätes neben der Gesamtdruckbohrung angebracht. Kommt der Wind aus der stark gezeichneten Richtung v , dann zeigen die Bohrungen 3 und 4 den gleichen Druck an; ihre Druckdifferenz ist Null. Die Bohrung 1 mißt den Gesamtdruck, die Bohrung 2 den statischen Druck. Die Differenz des Gesamtdruckes und des statischen Druckes ergibt den Staudruck. Der Staudruck q ist ein Maß für die Windgeschwindigkeit v . Sie ist

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot q} \approx 4 \sqrt{q},$$

worin $\rho = \frac{\gamma}{g}$ die Dichte, γ die Wichte der Luft und g die Erdbeschleunigung ist²⁾. Kommt der Wind aus

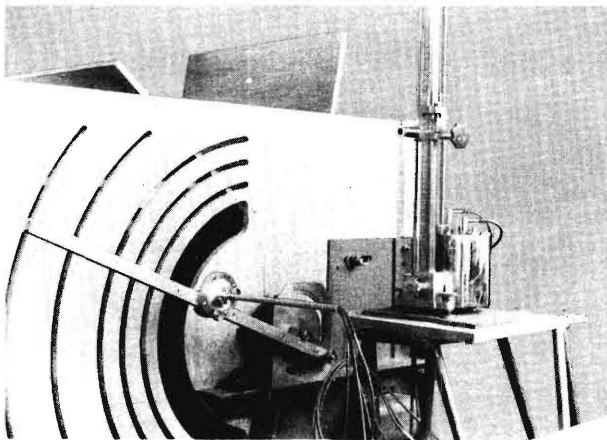


Bild 7. Messseite des Prüfstandes mit eingebautem Messgerät und dem *Prandtl*-Manometer zum Ablesen der Drücke.

der gestrichelt gezeichneten Richtung v' , so ist der an der Bohrung 3 gemessene Druck größer als der an der Bohrung 4. Das Gerät wird nun so lange gedreht, bis beide Bohrungen den gleichen Druck anzeigen, was aber andererseits bedeutet, daß das Gerät in die neue Richtung v' zeigt. Der Winkel β ist das Maß für die Windrichtung. Der Ring des Meßkopfes trägt eine Winkelskala, Bild 4, an der die Strömungsrichtung β relativ zum radial gerichteten

Meßarm abgelesen wird. Der Meßkopf kann auf dem Meßarm radial, das Gerät selber längs der Trommel axial verschoben werden. Der Meßarm ist um den Wellenmittelpunkt schwenkbar. Der eingestellte Winkel α kann an der Skala (rechts in Bild 4) abgelesen werden. Die Bohrungen des Meßgerätes sind durch vier Schläuche mit einem *Prandtl*-Manometer verbunden, das eine Ablesung der Druckdifferenzen ($p_3 - p_4$) und ($p_1 - p_2$) mit einer Genauigkeit von $1/25$ mm Alkoholsäule gestattet, Bild 7. Die Messung des Strömungsfeldes geschieht punktförmig.

Außer diesen Messungen wurden zur Veranschaulichung der Strömung Aufnahmen am Modell einer Dreschmaschine im Wasserkanal [15, 16] gemacht und zusätzlich noch Fädchenaufnahmen an der laufenden Dreschtrommel.

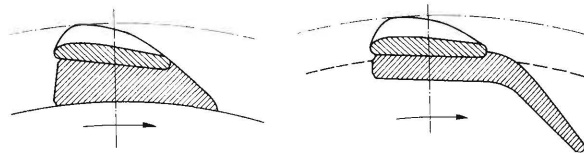


Bild 8. Schlagleistenprofile (links für geschlossene, rechts für offene Trommel). Pfeile geben die Drehrichtung der Trommeln an.

Bisher wurden zwei Dreschtrommeln untersucht.

1. Eine geschlossene Trommel mit 6 Profilschlagleisten.
2. Eine offene Trommel, wobei die auf einem Winkel befestigten 6 Profilschlagleisten von 3 Sternen getragen werden.

Die Querschnitte der Schlagleisten sind in Bild 8 dargestellt.

Windrichtung und -geschwindigkeit

Bei den ersten Versuchen an der freilaufenden Trommel ohne Einbauten ließ sich keine einwandfreie Messung durchführen. Die Strömung war nicht, wie erwartet und vorausgesetzt wurde, eben und auch nicht stationär, d.h. zeitlich nicht konstant. Durch kleine unsymmetrische Anfangsstörungen bedingt, konnte ein Geschwindigkeitsmaximum bei einigen Versuchen an der linken und bei anderen Versuchen an der rechten Seite der Trommel beobachtet werden. Wir waren daher gezwungen, diese Messungen aufzugeben und gleich zu den Messungen mit Einbauten überzugehen. Bild 9 zeigt diese Einbauten im Schema. Aber auch die Strömung um die Trommel mit Einbauten verläuft nicht in der Richtung von Radialebenen sondern räumlich, vor allem in den Randgebieten. Wenn in den folgenden Ergebnisbildern ebene Zustände gezeigt werden, so sind sie mit einem Fehler behaftet, da die Querkomponente der Strömung (in axialer Richtung) nicht in Erscheinung tritt. Die Darstellungen zeigen nur die Geschwindigkeits- und Richtungskomponente der

2) bei 760 mm QS Barometerstand und 20° Temperatur ist für Luft
 $\gamma = 1,20$ [kg/m³]
und $\rho = 0,123$ [kg s²/m⁴]

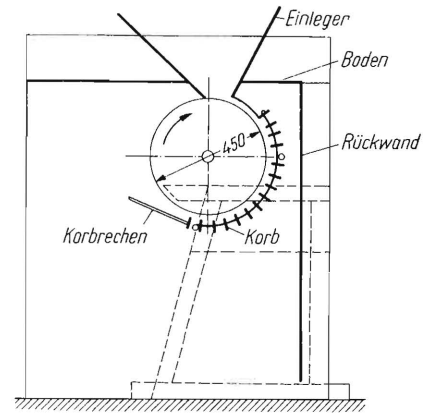
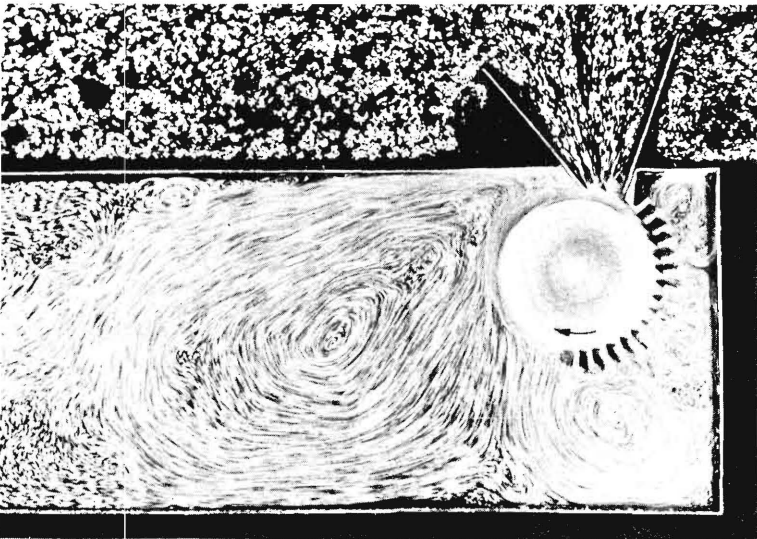
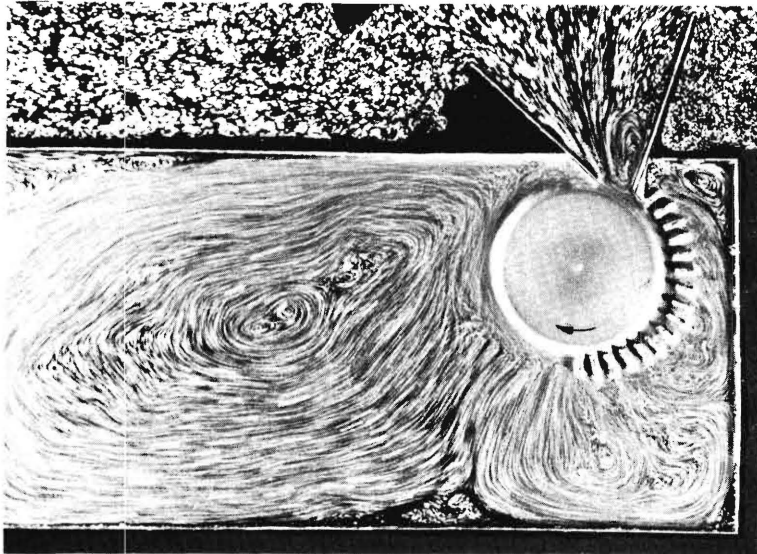


Bild 9. Schematische Darstellung der Einbauten des Dreschtrommelprüfstandes.

Bild 10 und 11. Strömungsaufnahmen von dem Modell einer Dreschvorrichtung im Wasserkanal.

Bild 10 (oben) mit geschlossener Trommel
Bild 11 (unten) mit offener Trommel

Strömung in Radialebenen an. In der Mitte der Trommel ist diese Querkomponente jedoch praktisch Null.

Der Besprechung der Meßergebnisse seien zur Veranschaulichung der Strömung einige Aufnahmen vorweggeschickt. Es muß dabei betont werden, daß diese Bilder nur die grundsätzliche Charakteristik der Strömung wiedergeben [15]. **Bild 10 und 11** sind Fotos stark vereinfachter Dreschmaschinenmodelle im Wasserkanal. Die Trommel hat einen Durchmesser von 9 cm und dreht sich mit etwa 120 U/min, das entspricht einer *Reynoldsschen* Zahl

$$Re = \frac{u \cdot d}{\nu} = \frac{56,6 \cdot 9}{0,011} \approx 5 \cdot 10^4,$$

worin u die Umfangsgeschwindigkeit der Trommel in cm/s und ν die kinematische Zähigkeit für Wasser bzw. Luft in cm^2/s bedeuten [16, 17]. Die Trommel im Dreschtrommelprüfstand hat dagegen eine *Reynoldssche* Zahl

$$Re = \frac{3300 \cdot 45}{0,16} \approx 10^6.$$

Nur wenn diese beiden *Re*-Zahlen annähernd gleich sind, gibt die Wasserströmung am Modell ein völlig

exaktes Bild der Luftströmung an der Dreschtrommel wieder. Die *Re*-Zahlen $5 \cdot 10^4$ für das Modell und 10^6 für die Dreschtrommel verdeutlichen noch einmal, daß es sich bei den Wasserkanalfotos nur um annähernde Strömungscharakteristiken handeln kann.

Bild 10 gibt die Strömungsverhältnisse um eine geschlossene Trommel wieder. Die Trommel saugt z.T. durch den Einleger an. Am rechten Rande des Einlegers ist ein kleiner Wirbel in Übereinstimmung mit Beobachtungen an Dreschmaschinen zu erkennen. Er ist für das Tanzen der letzten Halme einer Garbe im Einleger verantwortlich, die oft von der Trommel nicht erfaßt werden. Hinter dem Korb ist ein verwirbeltes Gebiet. Zwischen den Korbstäben beobachtet man sowohl ein Zufließen zur Trommel, als auch ein Abfließen von der Trommel. Im letzten Teil des Korbes jedoch überwiegt das Abfließen. Die abfließende Strömung bildet einen Wirbel und fließt zur Trommel zurück. Rings um die Trommel selber ist ein ganz schmaler Ring von ständig mitumlaufender Strömung zu erkennen. In etwas weiterem Abstände von der Trommel wird die

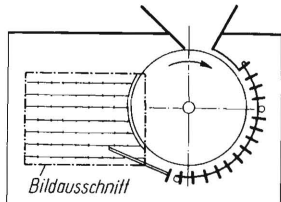


Bild 12. Strömungszustand an einer geschlossenen Trommel. Die Wollfädchen zeigen die Richtung der Strömung an.

Geschwindigkeit geringer. Die Strömung wird dann am vorderen Einlegebrett, welches hier zur Vereinfachung (im Gegensatz zu den meisten Dreschmaschinen) gleichzeitig auch Wind- (Wickel-) Brett ist, abgeschält und folgt der Richtung des Bodens. Die Strömung verliert sich zum Teil nach links über den hier gewählten Bildabschnitt hinaus im Dreschkasten bzw. ins Freie. Ein anderer Teil bildet einen langsam rotierenden Wirbel und gelangt zur Trommel zurück. Das Abschälen der Strömung von der Trommel geschieht auf der ganzen Länge des Windbrettes. Bild 11 zeigt die Strömungsverhältnisse um die offene Trommel; die Strömung hat im wesentlichen den gleichen Charakter wie die Strömung in Bild 10. Das links der Trommel gelegene Wirbelgebiet erscheint weniger ausgeprägt. Wenn in dieses Grundmodell die sonst üblichen Einbauten wie Windbrett, Schüttler, Zwischenboden, Korb- rechen oder Korbbloch usw. eingebaut würden, er-

gäbe sich selbstverständlich ein anderes Bild. Die grundsätzliche Charakteristik: Zufluß durch den Einleger, schmaler Spalt um die Trommel, Verwirbelung hinter dem Korb, Abschälen der Strömung am Windbrett, Verwirbelung links der Trommel, bleibt jedoch erhalten.

Zur Ergänzung dieser Aufnahmen zeigt **Bild 12** eine Fädchenaufnahme in der Mittelebene der geschlossenen Trommel im Prüfstand. Dabei wird ein Rechen, an dem auf kurzen Stielen etwa 30mm lange Wollfäden [17] befestigt sind, in die Strömung gehalten. Dicht an der Trommel ist die Richtung der Strömung, somit der Fädchen im Mittel fast tangential. Die Bewegungsunschärfe läßt auf schwankende Richtung schließen. Am oberen Rande des Bildes beginnen die Fädchen nach links, parallel zum Boden, umzubiegen. Am unteren Rande zeigen die Fädchen zur Trommel hin. Im mittleren Teil des Bildes zeigen sie einmal durch ihr Stillstehen sehr geringe Geschwindigkeit an, zum anderen verschiedene Richtungen. Dadurch läßt sich auf diesem Bild der große Wirbel (Bild 10 und 11) links der Trommel erkennen. Die offene Trommel zeigt ein ganz ähnliches Bild. Die Fädchenaufnahmen bestätigen somit die Wasserkanalaufnahmen: beide zusammen lassen die grundsätzliche Strömungsrichtung erkennen.

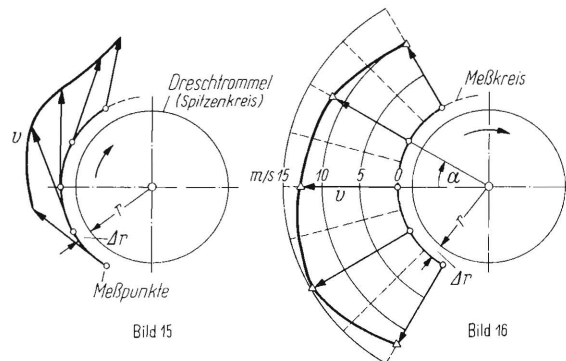


Bild 15 und 16. Darstellungsmethoden für die gemessenen Windgeschwindigkeiten.

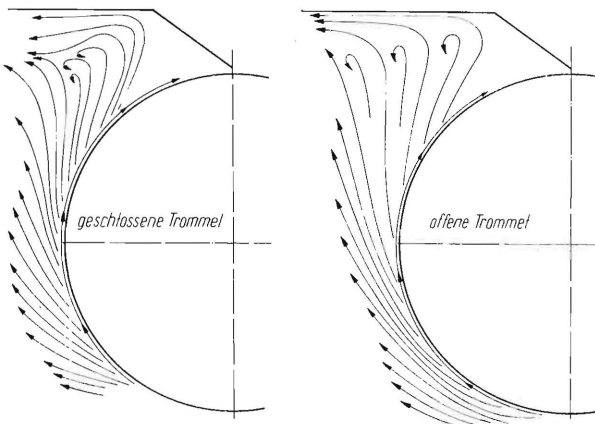


Bild 13 und 14. Die Strömung um Dreschtrommeln in der Radialebene für $z = 300$, aus den gemessenen Richtungen der Windgeschwindigkeit gezeichnet.

Die Bilder 10 bis 12 waren Lichtbilder von der Strömungsrichtung. Bei den durchgeführten Messungen wurde auch die Richtung ermittelt. Aus den Meßergebnissen kann man versuchen, auf zeichnerischem Wege ein Strömungsbild zu erhalten. **Bild 13 und 14** stellen einen solchen Versuch dar. Der geschlossene Strömungsring um die Trommel herum ist so schmal, daß er auf diesen Bildern kaum in Erscheinung tritt. Die dargestellten Linien sind keine Stromlinien im strengen Sinne, sondern nur Linien, die im großen und ganzen die durchschnittliche Strömungsrichtung angeben. Auch diese Zeichnung, die aus der Messung an der Trommel im Prüfstand entwickelt wurde, zeigt ein ähnliches Verhalten der Strömung, wie sie sich auf den Lichtbildern darstellt.

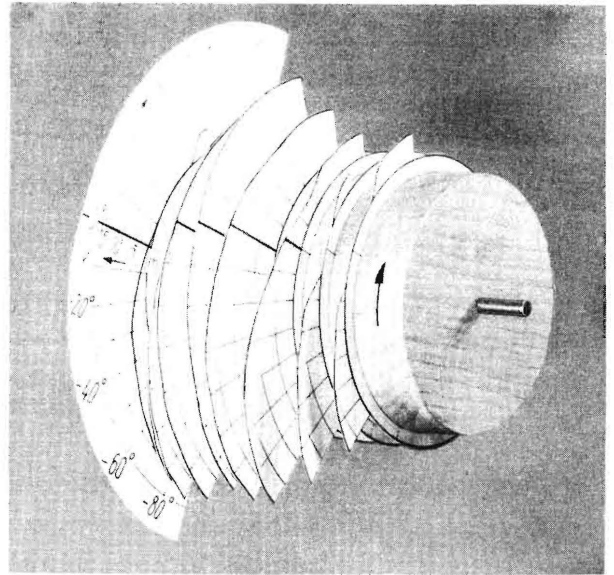
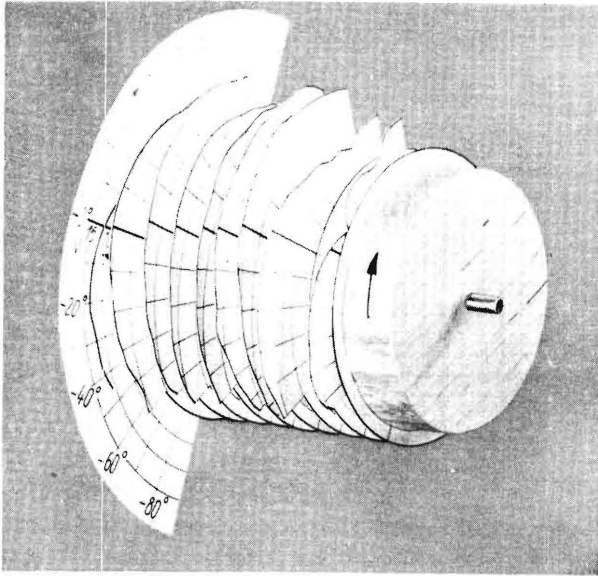


Bild 17 und 18. Geschwindigkeitsverteilung um Dreschtrommeln in Abhängigkeit vom Messwinkel α und dem Trommel-längsabstand z . Die letzte Scheibe trägt den verwendeten Maßstab.

Bild 17 (links) geschlossene Trommel

Bild 18 (rechts) offene Trommel

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessung besprochen. Die graphische Wiedergabe dieser Meßergebnisse ist schwierig. **Bild 15** stellt einen Schnitt durch die Trommel dar. Im Abstände Δr von der Trommel sei auf dem eingezeichneten Kreisbogen an den bezeichneten Punkten die Geschwindigkeit gemessen. Trägt man in den Meßpunkten die Geschwindigkeit nach Größe und Richtung auf, so ergibt sich ein unanschauliches Bild, weil die Geschwindigkeitspfeile u.U. ineinanderlaufen. Um ein anschauliches Bild der Geschwindigkeitsverteilung zu erhalten, haben wir auf die Wiedergabe der Richtung verzichtet und verweisen in dieser Hinsicht auf die Strömungsaufnahmen. Die Windgeschwindigkeit zeichnen wir – unabhängig von der tatsächlich gemessenen Richtung – an jeder gemessenen Stelle in radialer Richtung auf. Eine solche Auftragung zeigt **Bild 16**. Als Ordinate ist der Meßwinkel α angetragen, als Abszisse die Geschwindigkeit v für einen ganz bestimmten Abstand des Meßschnittes Δr von der Trommel und eine bestimmte Lage z des Meßschnittes längs der Trommelbreite; diese dritte Koordinate steht senkrecht zur Bildebene. Ein derartiges Bild kann für alle gemessenen Schnitte gezeichnet werden. Auf **Bild 17 und 18** sind als Beispiel dafür die „Geschwindigkeitsgebirge“ für $\Delta r = 25$ mm dargestellt: links für die geschlossene Trommel und rechts für die offene Trommel. Die letzte Scheibe trägt den Maßstab. Dieses Bild ist folgendermaßen entstanden: für $\Delta r = 25$ mm wurde für jeden gemessenen Abstand z die Geschwindigkeitsverteilung über α auf Zeichenkarton aufgetragen und ausgeschnitten. Holzscheiben in gleichem Maßstab wie Δr stellen, aneinandergereiht, die Dreschtrommel

dar. Die Breite der Holzscheiben entspricht dem Abstand Δz der Meßschnitte in z -Richtung. Dieses Bild erscheint im ersten Augenblick verwirrend. Und doch erkennt man daran den Unterschied in der Geschwindigkeitsverteilung zwischen der geschlossenen und der offenen Trommel: Bei der geschlossenen Trommel (**Bild 17**) ist v sowohl über α als auch – mit Ausnahme der Randgebiete – über z ziemlich konstant. Bei der offenen Trommel (**Bild 18**) fallen die Kurven von der Mitte aus nach beiden Seiten stark ab. Dazu ist die Geschwindigkeit im unteren Sektor zum Teil wesentlich größer als im oberen Sektor. Die Geschwindigkeitsverteilung um die geschlossene Trommel zeigt im Ganzen ein gleichmäßigeres Bild als die der offenen Trommel. Für jedes gemessene Δr kann man ein solches Bild herstellen.

Da diese Darstellungen nicht genügend anschaulich sind, sind in den folgenden Bildern nur Schnitte dargestellt. **Bild 19** zeigt nun Meßkreise für einen Meßradienabstand von $\Delta r = 25, 50$ und 100 mm, sowie für einen Abstand $z = 400, 300$ und 200 mm. $z = 300$ mm ist – bei der Gesamtlänge von 600 mm – die Mitte der Trommel. Die Ergebnisse von der geschlossenen Trommel sind durch geschlossene Meßpunkte und einen geschlossenen Kurvenzug dargestellt, die von der offenen Trommel durch offene Meßpunkte und einen gestrichelten Kurvenzug. Die obere Reihe für $\Delta r = 25$ mm, ergänzt durch alle Schnitte, entspricht **Bild 17 und 18**. Bei $z = 300$ mm erkennt man eine Übereinstimmung zwischen offener und geschlossener Trommel. Bei $z = 400$ mm und 200 mm ist die größere Geschwindigkeit an der offenen Trommel im unteren Sektor gegenüber dem oberen Sektor deutlich zu sehen. Die Geschwindig-

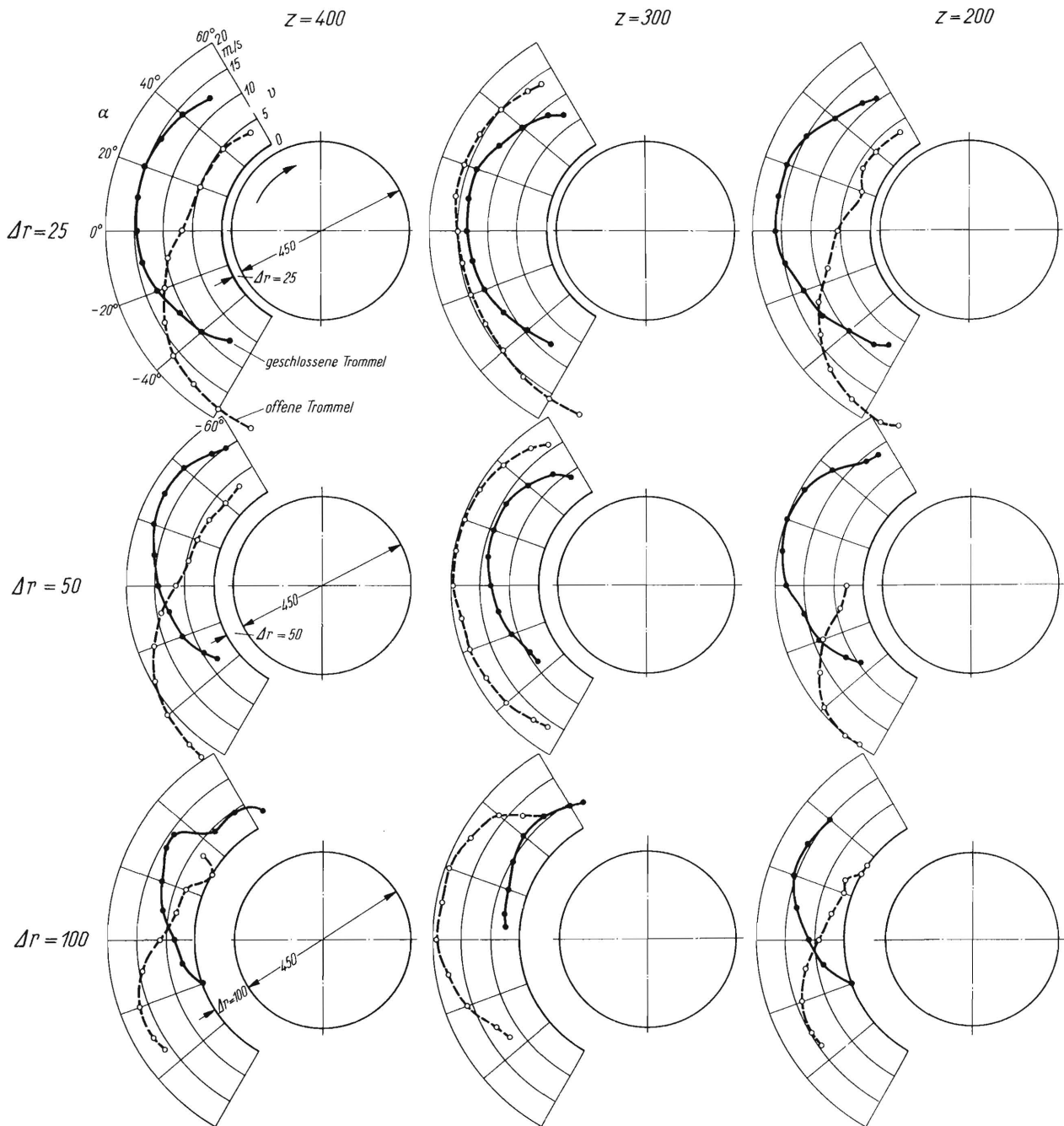


Bild 19. Geschwindigkeitsverteilung um Dreschtrömmeln in Abhängigkeit vom Messwinkel α , dem Längsabstand z und dem radialen Abstand Δr .

keit an der geschlossenen Trommel fällt in der Mitte mit größer werdendem Abstand von der Trommel stärker ab als die der offenen Trommel.

In **Bild 20** ist die Windgeschwindigkeit v in Abhängigkeit von z für drei verschiedene Meßlinien unter dem Winkel $\alpha = +30^\circ, 0^\circ$ und -30° aufgetragen und zwar für einen radialen Abstand von $\Delta r = 25$ mm vom Trommelumfang. Betrachtet man für

die in gleicher Höhe der Achse liegende Meßlinie ($\alpha = 0^\circ$) die beiden Kurvenzüge, so fällt folgendes auf: am Rande der Trommel wurde keine Geschwindigkeit gemessen. Sie ist Null, wenn nicht sogar negativ. Das bedeutet ein schwaches Zuströmen zur Trommel hin, das bei der offenen Trommel stärker ist, als bei der geschlossenen (Ventilatorwirkung!). An der geschlossenen Trommel steigt die Geschwindigkeit bald auf ein Maximum an, sinkt in der Mitte der Trommel etwas ab, um am anderen Ende der Trommel wieder auf ein Maximum anzusteigen. Die offene Trommel zeigt einen später beginnenden und steileren Geschwindigkeitsanstieg.

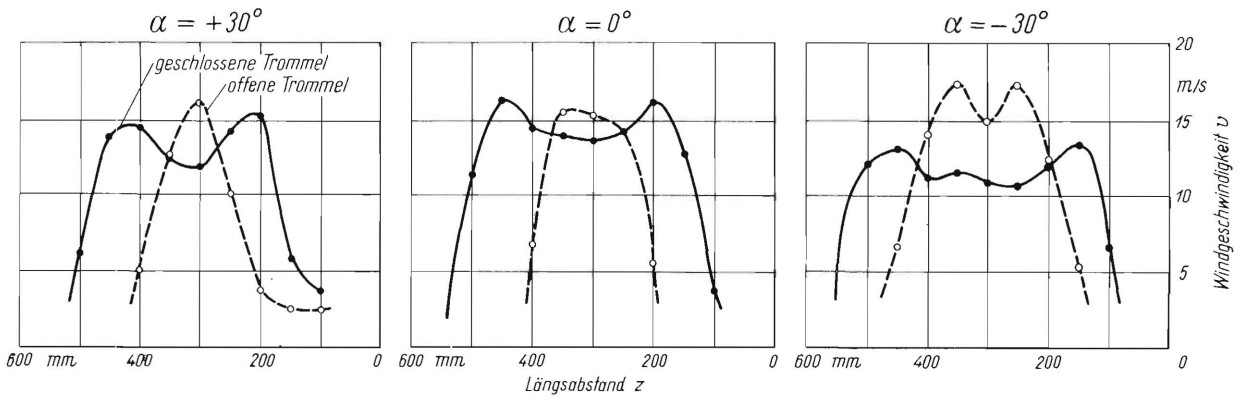


Bild 20. Geschwindigkeitsverteilung auf drei Mantellinien einer Zylinderfläche in Abhängigkeit vom Längsabstand z .
 $\Delta r = 25 \text{ mm}$ $\alpha = +30^\circ, 0^\circ, -30^\circ$

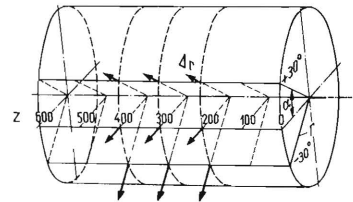
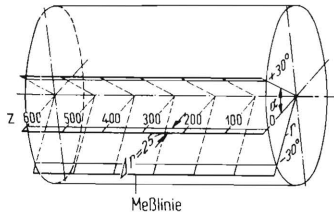
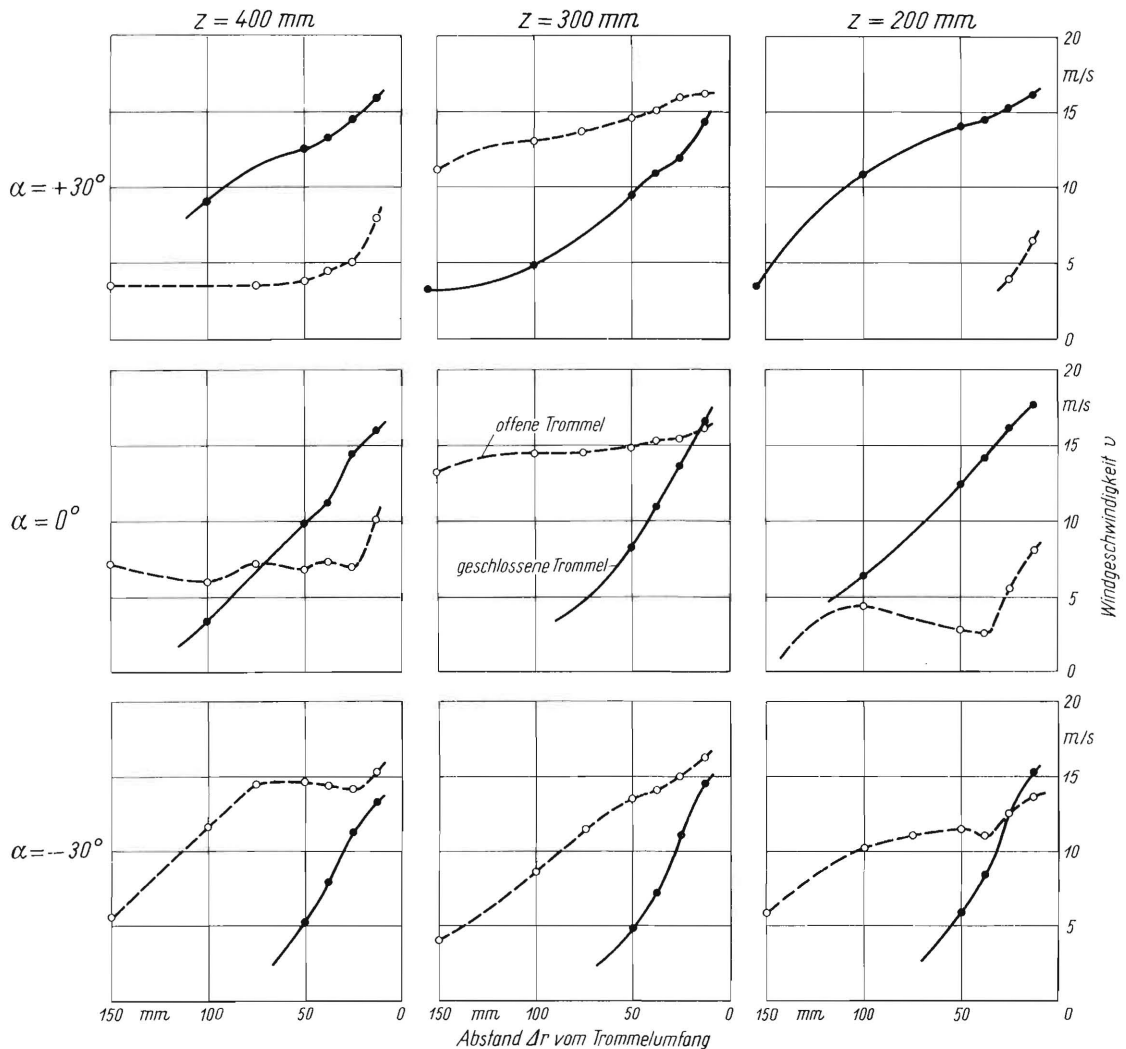


Bild 21. Geschwindigkeitsverteilung auf Radialstrahlen in Abhängigkeit vom Trommelabstand Δr .

$z = 200, 300, 400 \text{ mm}$ $\alpha = +30^\circ, 0^\circ, -30^\circ$



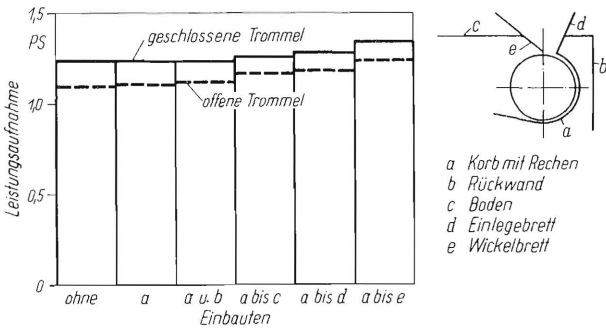


Bild 22. Leistungsaufnahme von Dreschtrommeln im Leerlauf in Abhängigkeit von den Einbauten.

Die beiden Maxima schieben sich in der Mitte zu einem Maximum zusammen. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei einem Meßwinkel von $\alpha = +30^\circ$. Bei einem Meßwinkel von $\alpha = -30^\circ$ ist die Geschwindigkeit der geschlossenen Trommel geringer, die der offenen größer als für $\alpha = 0^\circ$. Bei der offenen Trommel beobachtet man ferner ein etwas früheres Beginnen des Geschwindigkeitsanstieges am Rande, und in der Mitte den Beginn einer Minimumsbildung. Zu diesem Bild ist noch zu sagen, daß bei der geschlossenen Trommel für $\Delta r = 0$ die Geschwindigkeit über z konstant sein muß, und zwar gleich der Umfangsgeschwindigkeit $u = 33 \text{ m/s}$. In **Bild 21** ist die Verteilung der Geschwindigkeit mit größer werdendem Abstand von der Trommel für drei verschiedene z und drei verschiedene Meßwinkel α aufgetragen. Die Geschwindigkeit an der geschlossenen Trommel sinkt durchweg mit zunehmendem Abstand steiler ab als die der offenen Trommel. Für $\Delta r = 0$

muß bei der geschlossenen Trommel die Geschwindigkeit die Umfangsgeschwindigkeit erreichen, während die offene Trommel diesen Wert offensichtlich nicht erreicht. Weiterhin erkennt man, daß die Geschwindigkeit an der geschlossenen Trommel im oberen Sektor größer ist, als die der offenen Trommel (mit Ausnahme des Mittelschnittes); im unteren Sektor dagegen ist es umgekehrt.

Auf unseren Ausgangspunkt – Leistungsaufnahme der Trommel im Leerlauf – zurückkommend, ist in **Bild 22** die aufgenommene Leistung in Abhängigkeit von den Einbauten dargestellt. Geschlossene und offene Trommel unterscheiden sich nur wenig [10]. Der Einbau des Korbes und der Rückwand ($a + b$) bringt kaum eine Zunahme der Leerlaufleistung. Erst Boden, Einlegerrückwand und die hier als Windbrett benutzte Einleger-Vorderwand zeigen eine wenn auch geringfügige Zunahme der Leistungsaufnahme. Das Windbrett, welches etwa 3 mm Abstand von der Trommel hatte, zeigt dabei die relativ stärkste Wirkung. Selbst der Korb, mit der hier gewählten Einstellung von oben 12 mm und unten 4 mm, bringt überraschenderweise keine Steigerung der Leistungsaufnahme. Der in **Bild 22** dargestellte Zusammenhang zwischen Leistung und Einbauten ist zunächst überraschend. Er findet aber seine Erklärung darin, daß der mit der Trommel umlaufende Luftring (**Bild 10 bis 13**) sehr schmal ist und dadurch die Einbauten in einem Bereich liegen, in dem die Geschwindigkeit schon merklich abgesunken ist.

Die Leistungsaufnahme der Dreschtrommel im Leerlauf ist also nicht durch die Einbauten bedingt.

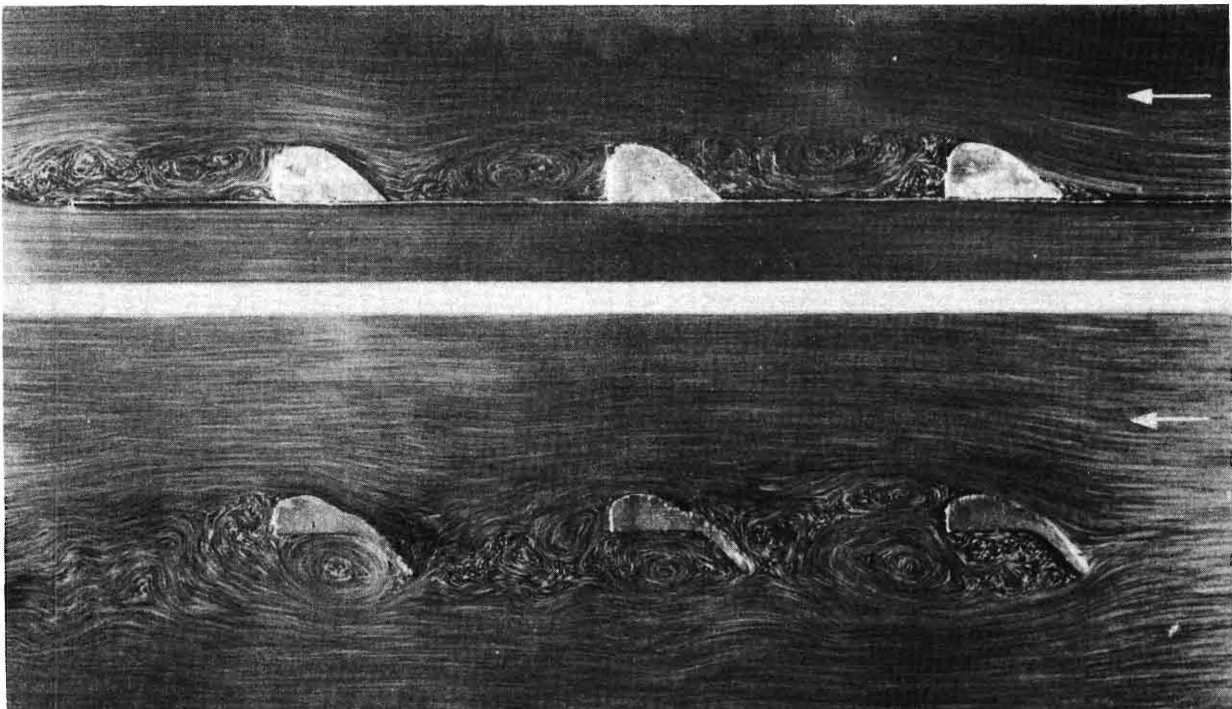


Bild 23. Umströmung von Dreschtrommel-Schlagleisten im Wasserkanal. Die Anströmung kommt von rechts, bzw. die Leiste bewegt sich nach rechts.

Sie rührt vielmehr von den Schlagleisten her. Bild 23 zeigt die Umströmung der Schlagleisten im Wasserkanal, oben für die geschlossene Trommel, unten für die offene Trommel. Dabei ist der Mantel der Trommel gestreckt und als Ebene abgebildet. Auf beiden Aufnahmen ist die völlige Verwirbelung hinter den Schlagleisten deutlich zu erkennen. Diese Verwirbelung bedeutet aber hohen Energieverbrauch.

Zusammenfassung

Im Verhalten der beiden hier untersuchten Dreschtrommeln im Bezug auf Ausdrusch oder sonstige dreschtechnische Belange besteht nach Feststellungen der Praxis kein nennenswerter Unterschied [10, 11], der sich mit den verschiedenen Strömungszuständen dieser beiden Trommeln erklären ließe. Auch der schnellere Anstieg der Leistung der geschlossenen Trommel beim Drusch [4, 7, 10] gegenüber der offenen Trommel findet im Wind keine Erklärung.

Jede andere Trommelbauart wird vermutlich auch andere Meßergebnisse liefern, obgleich der Grundcharakter der Strömung bei gleicher Anordnung der gleiche bleibt. Andere Anordnungen der einzelnen Bauteile, z.B. bei einem Mähdrescher, wird auch andere Strömungsbilder liefern.

Es ist in der Dreschmaschinenpraxis bekannt, daß die richtige Stellung des Windbrettes (Wickelbrettes) beim Übergang auf eine andere Trommelform neu bestimmt werden muß, da sonst das gefährdete Wickeln eintreten kann.

Der Strömungszustand um eine Trommel ist von großem Interesse. Er weicht von den allgemeinen Vorstellungen in verschiedener Hinsicht ab. Da im Rahmen dieser Arbeit auf die Funktion des Windes beim Dreschen nicht eingegangen werden soll, wird der Einfluß der verschiedenartigen Strömungen nicht weiter verfolgt. Diese wichtige Frage soll einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Das Entscheidende bei den mitgeteilten Untersuchungen liegt jedoch in der Tatsache begründet, daß die Verschiedenheit der Strömung an geschlossener und offener Trommel praktisch keinen Einfluß auf die Leistungsaufnahme der Trommel im Leerlauf hat. Der von der Trommel mitbewegte Luftmantel ist so schmal, daß er sich kaum über die Schlagleisten erhebt und somit von allen Einbauten nicht angeschnitten wird. Selbst Korb und Windbrett verbrauchen keine nennenswerte Energie.

Die Meßergebnisse zeigen jedoch, daß die Trommel im Leerlauf einen großen Energieverbrauch hat. Das ist auf die Wirbelverluste an der Trommel selbst, an den Schlagleisten mit ihrem Unterbau, zurückzuführen. Gelingt es, diese Wirbelverluste durch entsprechende Ausbildung des Schlagleisterskörpers herabzusetzen, dann sinkt auch der Leistungsbedarf der Trommel. Daß dabei die noch näher zu untersuchende Wirkung des Windes auf den Dreschvorgang nicht verschlechtert werden darf, ist Bedingung.

Schrifttum

- [1] Prandtl, L.: Führer durch die Strömungslehre. Braunschweig 1942. S. 222 ff.
- [2] Fischer, W.E.: Untersuchungen über den mehrmotorigen Antrieb von Dreschmaschinen. Fortschr.d.Landw. 2 (1927) 37/46.
- [3] Fischer-Schlemm, W.E.: Untersuchungen über Kraftbedarf und stossweise Beschickung einer Schlagleisten-Breitdreschmaschine mit dreifacher Reinigung. Techn.i.d.Landw. 18 (1937) 76/79 und 104/106.
- [4] Fischer-Schlemm, W.E.: Die Maschine in der Landwirtschaft. Bd. I: Drusch. Stuttgart 1954. S. 48.
- [5] Kühne, G.: Prüfung zweier Putzdreschmaschinen. (W. Speiser, Göppingen) Mitt. Verb. landw. Masch.-Prüf.-Anst. 10 (1916) 19/29.
- [6] Holldack, H.: Vergleichende Untersuchungen über den Antrieb von Dreschmaschinen. Arb. d. Dtsch. Landw. Ges. Nr. 285, Berlin 1916.
- [7] Kühne, Georg: Handbuch der Landmaschinentechnik. Bd. 2 Berlin 1934. S. 226.
- [8] Brenner, W.G.: Mähdrusch- und Mähdrescherentwicklung. Z. VDI 92 (1950) 341/344.
- [9] Brenner, W.G.: Neue Wege in der Dreschtechnik. Z. VDI 78 (1934) 645/647.
- [10] Brenner, W.G.: Untersuchungen an Dreschtrommeln unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung von Kleinmähdreschern. RKTL-Schriften Heft 51. Berlin 1933/34.
- [11] Knolle, W.: Untersuchungen an Breitdreschtrommeln. RKTL-Schriften Heft 7. Berlin 1930.
- [12] Schweigmann, P.: Studien zum Dreschvorgang. Filmvorführung auf der 6. Konstrukteurtagung 1939 in Berlin.
- [13] Finkenzeller, R.: Der Dreschvorgang, insbesondere im Hinblick auf den Körnerbruch. Filmvorführung auf der 8. Konstrukteurtagung 1941 in Berlin. (s.a. Diss. T.H. Berlin 1940 und RKTL-Schriften Heft 102, Berlin 1940).
- [14] Königer, R. u. K.H. Schulze: Zeitlupenaufnahmen vom Dreschvorgang. Filmvorführung auf der 13. Konstrukteurtagung 1955 in Völkenrode.
- [15] Trienes, H.: Strömungsbilder von der Windführung in Landmaschinen. Grndlgn.d.Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952. S. 133/138.
- [16] Blenk, H.: Lüftströmungen in der Landtechnik. Grndlgn.d.Landtechn. Heft 1, Düsseldorf 1951. S. 95 ff.
- [17] Prandtl, L., u. O. Tietjens: Hydro- und Aeromechanik. 2. Bd., S. 281 ff. sowie Anhang. Berlin 1931.

Eingegangen am 1. 4. 1954

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Kloth

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Hanns Trienes, (20 b) Braunschweig, Bundesallee 50