

# Untersuchungen an einem Zellenraddosierer mit digitaler Sollwerteingabe

Von B.J. Scholtysik, München\*)

DK 636.084:621.86.08

Für eine individuelle Fütterung, die der Leistung des jeweiligen Tieres Rechnung trägt, werden geeignete Dosiergeräte benötigt. Bei anderen Dosieraufgaben haben sich Zellenraddosierer vielfach bewährt, sie werden deshalb auf ihre Eignung für die Dosierung von Futtermitteln untersucht.

An einer Versuchsanlage eines Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe wurden die Dosierkennlinien in Abhängigkeit von der Zellenradrehzahl ermittelt. Außerdem wurde der Einfluß der dosierten Masse, der Zellenradrehzahl und des Zellenvolumens auf die Dosiergenauigkeit untersucht. Die Ergebnisse werden am Beispiel eines pelletierten Kraftfutters als dosiertes Material dargestellt.

## 1. Einleitung

Die Mechanisierung der Fütterung in der Rinderhaltung soll einerseits die arbeitswirtschaftlichen Verhältnisse verbessern, also Arbeitszeit sparen und die Arbeit erleichtern, andererseits soll als neues, zusätzliches Ziel die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Tiere positiv beeinflusst werden. Das zweite Ziel soll durch den Einsatz einer sogenannten "biologischen Fütterungstechnik" erreicht werden [1, 2, 3]. Dabei ist neben der Kenntnis der individuellen Tierleistung und der Nährstoffgehalte der Futtermittel eine exakte Mengendosierung der Futtermittel notwendig.

Für die Dosierung von schüttfähigen, feinkörnigen Kraftfuttermitteln werden in der Praxis Volumendosierer verwendet. Die Förderorgane sind meist als Zellenräder oder Schnecken ausgebildet [4, 5]. Das Einstellen der zu dosierenden Masse erfolgt gewöhnlich durch die Wahl der Dosierzeit. Drehzahländerungen des Förderorgans bewirken dabei Veränderungen der Dosiermenge. Unter diesem Gesichtspunkt ist es günstiger, statt der Dosierzeit die Anzahl der dosierenden Zellen bzw. die Anzahl der Umdrehungen der Schnecke vorzugeben. Außerdem ist eine digitale Sollwerteingabe im Hinblick auf eine Automatisierung wünschenswert.

Im folgenden werden der Aufbau und das Betriebsverhalten einer Versuchsanlage eines Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe beschrieben.

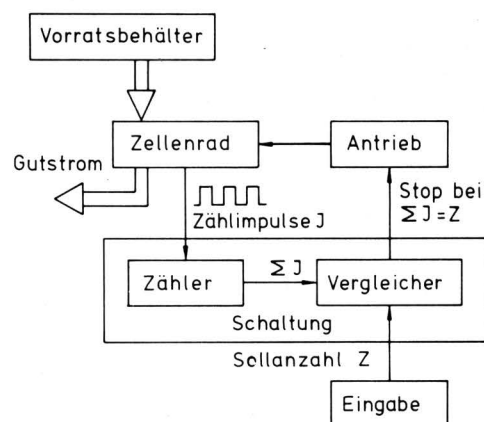
Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereichs 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" an der TU München-Weihenstephan.

\*) Dipl.-Ing. Bernd J. Scholtysik ist Wiss. Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: o.Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München.

## 2. Aufbau des Systems

Das Blockschaftbild des Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe ist in **Bild 1** dargestellt. Das Zellenrad (170 mm Durchmesser, 500 mm Länge, 24 Zellen) fördert den Gutstrom aus dem Vorratsbehälter und gibt bei jeder geförderten Zelle einen Zähl-Impuls an eine Zähl- und Vergleicherschaltung ab. In der Schaltung werden die Impulse gezählt und die gebildete Summe mit der im Eingabeteil vorgegebenen Sollanzahl der geförderten Zellen  $Z$  verglichen. Sobald die Sollanzahl erreicht ist, wird von der Schaltung der Antrieb des Zellenrades abgestellt.

Mit der beschriebenen Anlage wurden Dosierversuche mit verschiedenen Kraftfuttermitteln, Zellenradrehzahlen und Zellenvolumen durchgeführt. Da sich für verschiedene Futtermittel gleiche Tendenzen ergaben, sind die Dosierkennlinien und Dosiergenauigkeiten im folgenden am Beispiel eines pelletierten Kraftfutters dargestellt.



**Bild 1.** Blockschaftbild eines Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe.

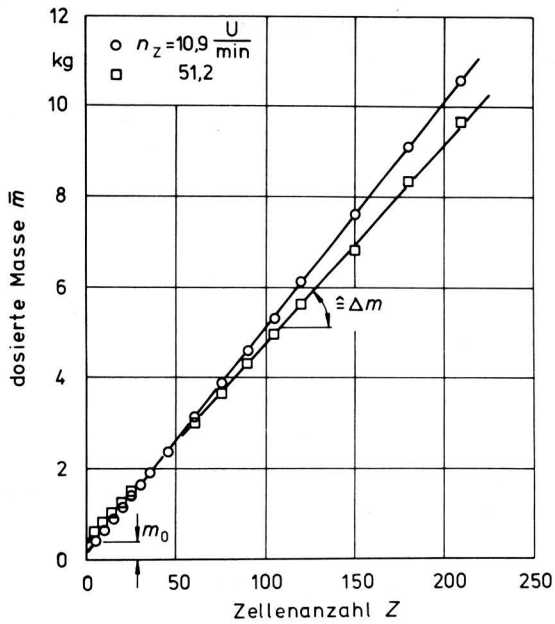
## 3. Dosierkennlinien

Die Dosierkennlinien beschreiben die Abhängigkeit der dosierten Massen von der vorgegebenen Zellenanzahl  $Z$ . Da es sich um eine Volumendosierung handelt, werden die dosierten Massen von der Zellengröße, der Schüttdichte und der Struktur des Futtermittels und in geringerem Maß auch von der Drehzahl des Zellenrades beeinflusst.

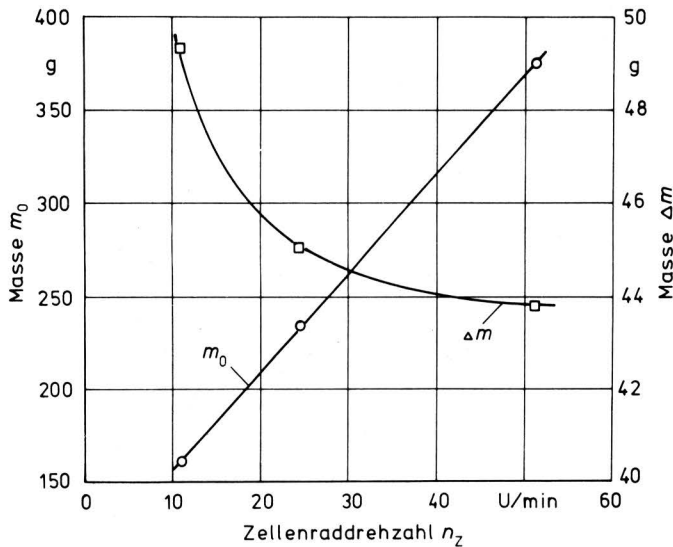
**Bild 2** zeigt gemessene Dosierkennlinien des Gerätes bei zwei verschiedenen Zellenradrehzahlen  $n_z$ . Die dosierten Massen  $\bar{m}$  sind Mittelwerte aus 10 Messungen. Die Kennlinien besitzen eine hohe Linearität, was durch ein Bestimmtheitsmaß der linearen Regression  $B = 0,99$  deutlich wird. Die linearen Kennlinien können durch die Gleichung

$$m = m_0 + Z \cdot \Delta m \quad (1)$$

dargestellt werden. Dabei ist  $\Delta m$  die pro Zelle geförderte Masse.



**Bild 2.** Gemessene Dosierkennlinien bei zwei verschiedenen Zellenradrehzahlen.



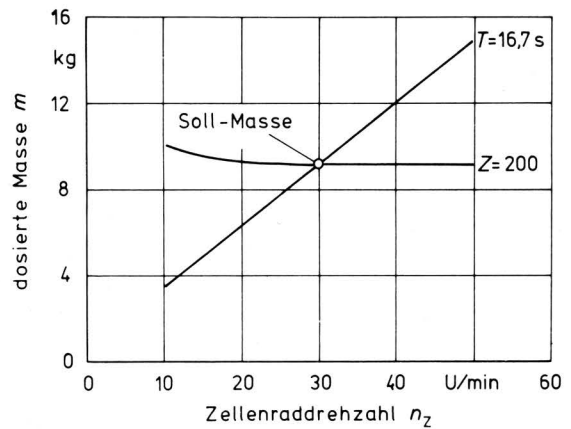
**Bild 3.** Massen  $m_0$  und  $\Delta m$  in Abhängigkeit von der Zellenradrehzahl.

Da sich der Füllungsgrad der Zellen mit wachsender Zellenradrehzahl verkleinert, sinkt  $\Delta m$ , wie in Bild 3 dargestellt, mit steigender Drehzahl. Dadurch verläuft in Bild 2 die Dosierkennlinie bei der größeren Zellenradrehzahl flacher als bei der kleinen Drehzahl. Die Masse  $m_0$  ist der Anteil der gesamten geförderten Masse, der durch die Abschaltverzögerung und den Nachlauf des Zellenrades bedingt wird. In Bild 2 ergibt sich  $m_0$ , wenn die Kennlinie bis zur Zellenanzahl  $Z = 0$  verlängert wird. Die Masse  $m_0$  ist von der Anzahl der geförderten Zellen unabhängig und wächst, wie in Bild 3 dargestellt, linear mit der Zellenradrehzahl.

Die dosierte Masse ändert sich also bei konstanter Zellenanzahl mit der Zellenradrehzahl. Es wurde bereits erwähnt, daß es im Hinblick auf Drehzahländerungen des Zellenrades trotzdem günstiger ist, als Sollwert die Zellenanzahl und nicht die Dosierzeit zu verwenden. Dies soll an einem Beispiel gezeigt werden.

Bei einer Drehzahl von 30 U/min wird eine Soll-Masse von 9,2 kg mit einer Sollanzahl von 200 Zellen gefördert. Hierzu ist bei 24 Zellen/Umdrehung eine Dosierzeit von 16,66 s notwendig.

**Bild 4** zeigt, wie sich eine Drehzahländerung auswirkt, wenn entweder die Anzahl der zu dosierenden Zellen oder die Dosierzeit als Sollwert verwendet wird. Wenn als Sollwert die Anzahl der Zellen ( $Z = 200$ ) dient, bewirkt eine Veränderung der Zellenradrehzahl nur eine geringe Änderung der dosierten Masse. Dies ist, wie vorher gezeigt, dadurch zu erklären, daß sich bei steigender Drehzahl einerseits die durch Nachlauf bedingte Masse vergrößert, andererseits verkleinert sich die pro Zelle geförderte Masse. Wenn die Dosierung mit einer konstanten Dosierzeit  $T = 16,66$  s erfolgt, erhöht sich proportional zur Drehzahl die Anzahl der geförderten Zellen und damit auch die dosierte Masse. Hier treten also bereits bei geringen Veränderungen der Drehzahl erhebliche Abweichungen der dosierten Masse von der Soll-Masse auf.

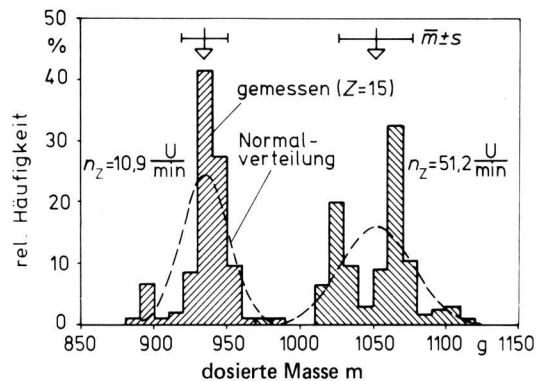


**Bild 4.** Einfluß der Zellenradrehzahl auf die dosierte Masse, wenn die Zellenanzahl ( $Z = 200 = \text{const}$ ) bzw. die Dosierzeit ( $T = 16,7 \text{ s} = \text{const}$ ) als Sollwert verwendet wird.

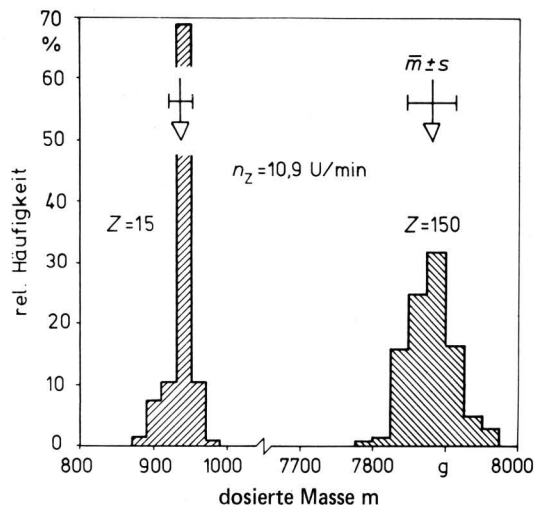
#### 4. Dosiergenauigkeit

Neben den Dosierkennlinien ist für die Beurteilung des Zellenrad-dosierers vor allem die Dosiergenauigkeit interessant, also die Größe der Streuungen der dosierten Massen um die jeweiligen Mittelwerte. Die Streuungen entstehen durch Unregelmäßigkeiten bei der Befüllung und Entladung der Zellen und dadurch, daß die zu dosierenden Materialien nicht homogen sind. Außerdem können kleine Unterschiede in der Winkelstellung beim Stillstand des Zellenrades dazu führen, daß eine Zelle mehr oder weniger gefördert wird.

Zur Abschätzung der Streuungen kann die Standardabweichung  $s$  herangezogen werden. Die Standardabweichung wird aus  $n$  unter gleichen Bedingungen dosierten Massen  $m_i$  und deren Mittelwert  $\bar{m}$  berechnet.



**Bild 5.** Gemessene Verteilung von 100 dosierten Massen bei zwei verschiedenen Zellenradrehzahlen;  $Z = 15 = \text{const}$ .



**Bild 6.** Gemessene Verteilung von 100 dosierten Massen bei zwei Anzahlen von dosierenden Zellen;  $n_z = 10,9 \text{ U/min} = \text{const.}$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2} \quad (2)$$

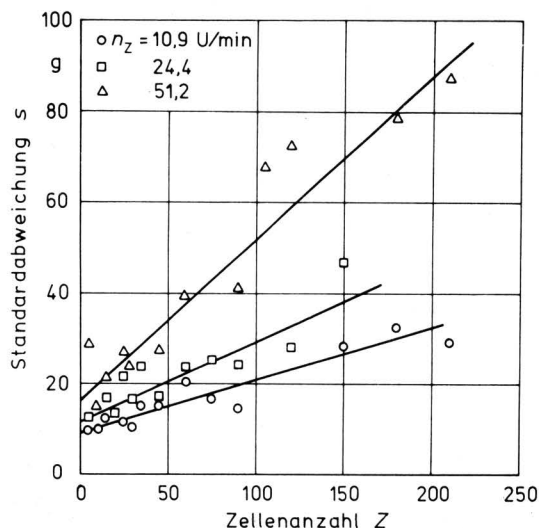
$$\text{mit: } \bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i \quad (3)$$

Wenn eine Gaußsche Normalverteilung angenommen wird, liegen im Bereich  $(\bar{m} \pm s)$  etwa 68 %, im Bereich  $(\bar{m} \pm 2s)$  etwa 95 % der dosierten Massen.

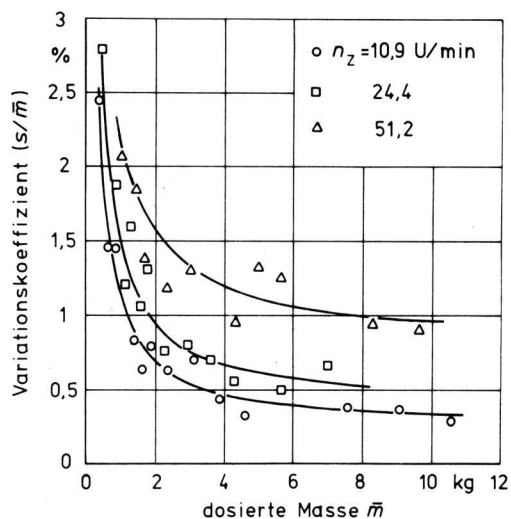
In den **Bildern 5 und 6** sind Beispiele für die Verteilung der dosierten Massen bei verschiedenen Betriebsbedingungen dargestellt. Bild 5 zeigt die gemessenen Verteilungen von 100 mit gleicher Zellenanzahl dosierten Massen für zwei verschiedene Zellenradrehzahlen. Zum Vergleich sind auch die durch den jeweiligen Mittelwert und die Standardabweichung festgelegten Normalverteilungen dargestellt. Bei der größeren Drehzahl sind bei der gemessenen Verteilung zwei ausgeprägte Maximalwerte vorhanden, deren Abstand etwa so groß ist wie die pro Zelle geförderte Masse. Die beiden Maximalwerte in der Verteilung können durch die bereits erwähnten Unterschiede beim Auslauf des Zellenrades erklärt werden. In Bild 6 sind die Verteilungen der dosierten Massen bei konstanter Drehzahl für zwei verschiedene Zellenanzahlen dargestellt. **Bild 7** zeigt, wie die Standardabweichung mit wachsender Anzahl der dosierenden Zellen und mit wachsender Zellenradrehzahl ansteigt.

Für die Beurteilung der Dosiergenauigkeit ist die absolute Größe der Standardabweichung weniger aufschlußreich als ihre relative, auf den Mittelwert bezogene Größe. Die auf den Mittelwert bezogene Standardabweichung wird als Variationskoeffizient bezeichnet. **Bild 8** zeigt den Variationskoeffizienten in Abhängigkeit von der dosierten Masse für verschiedene Zellenradrehzahlen. Der Variationskoeffizient wächst mit steigender Drehzahl. Andererseits verringert sich der Variationskoeffizient mit wachsender dosierter Masse, was darauf zurückzuführen ist, daß die Standardabweichung mit der Zellenanzahl weniger stark ansteigt als die dosierte Masse.

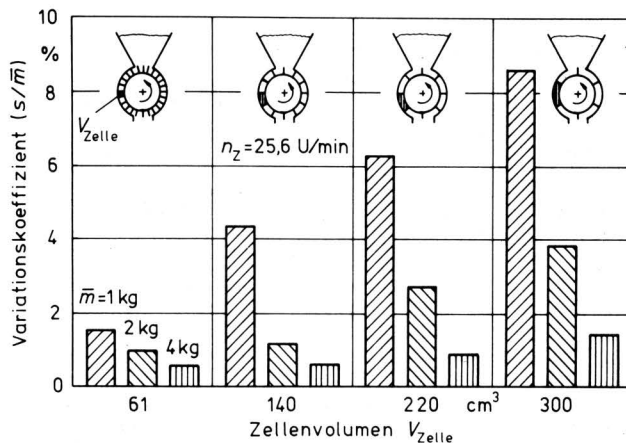
Um den Einfluß der Zellengröße auf die Dosiergenauigkeit zu ermitteln, wurde bei dem Zellenrad die Anzahl der Zellentrennwände verändert. Mit diesen Zellenrädern mit unterschiedlichem Zellenvolumen wurden Dosierversuche durchgeführt, wobei die Anzahl der dosierenden Zellen jeweils so gewählt wurde, daß die Mittelwerte der dosierten Massen gleich sind. Bei den Messungen zeigte sich, daß der Variationskoeffizient bei kleinen dosierten Massen etwa proportional zum Zellenvolumen ansteigt, **Bild 9**. Bei größeren dosierten Massen steigt der Variationskoeffizient nur schwach mit dem Zellenvolumen an.



**Bild 7.** Standardabweichung in Abhängigkeit von der Anzahl der dosierenden Zellen bei verschiedenen Zellenradrehzahlen.



**Bild 8.** Variationskoeffizient in Abhängigkeit von der dosierten Masse bei verschiedenen Zellenradrehzahlen.



**Bild 9.** Variationskoeffizient verschiedener dosierter Massen bei unterschiedlichen Zellenvolumen.

## 5. Zusammenfassung

An einer Versuchsanlage eines Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe wurden die Dosierkennlinien und die Dosiergenauigkeit ermittelt. Es zeigte sich, daß die Dosierkennlinien außer vom Material auch von der Zellenraddrehzahl beeinflusst werden. Die Dosiergenauigkeit wird mit steigender Zellenraddrehzahl und steigendem Zellenvolumen kleiner und wächst mit größer werdenden dosierten Massen.

## Schrifttum

- [ 1 ] Riemann, U. u. H. Mannebeck: Fütterungsverfahren für Hochleistungskühe. Landtechnik Bd. 27 (1972) Nr. 23/24, S. 589/93.

- [ 2 ] Kaufmann, W. u. H. Hagemeister: Fütterungstechnik und Verdauungsablauf bei Milchkühen. Übersichten zur Tierernährung Bd. 1 (1973) S. 193/221.
- [ 3 ] Kaufmann, W. u. a.: Versuche über den Einfluß der Fütterungsfrequenz auf die Vormagenverdauung, Futteraufnahme und Milchleistung. Berichte über Landwirtschaft 191. Sonderheft (1975) 2. Teil, S. 269/300.
- [ 4 ] Sattler, R.: Dosieren und Mischen. Aufbereitungstechnik Bd. 11 (1970) Nr. 1, S. 41/44.
- [ 5 ] Brandtner, F.: Die Förderschnecke in ihrer vielseitigen Anwendung. Aufbereitungstechnik Bd. 10 (1969) Nr. 8, S. 424/37.

# Einige Grundlagen für eine „pneumatische“ Bodenbearbeitung

Von Osamu Kitani, Tokio, Japan\*)

DK 631.31:621.54

Verminderung von Zugkraftbedarf und Energieaufwand in der Bodenbearbeitung bei erhöhter Arbeitsgeschwindigkeit ist ein ständiges Problem in der Landtechnik. In diesem Aufsatz wird über den Einsatz pneumatischer Energie bei der Bodenbearbeitung zur Verringerung des Zugwiderstandes durch Herabsetzen des Reibungswiderstandes über ein Luftpolster zwischen Bodenbalken und Pflugkörper oder über periodisch sich ändernde Luftströme berichtet. Als weiteres Beispiel der pneumatischen Bodenbeeinflussung wird ein im Boden installiertes Rohrsystem untersucht, das für eine Automatisierung von Bodenbearbeitung und Pflanzenkultur vorteilhaft erscheint.

## 1. Einleitung

In dieser Forschungsarbeit wird versucht, pneumatische Kräfte zur Bodenbearbeitung zu nutzen und neue Verfahren der Bodenbearbeitung zu entwickeln, die zu geringerem Widerstand, höherer Arbeitsgeschwindigkeit und größerer Leistung führen und für eine Automatisierung geeignet sind.

Es gibt bisher drei Möglichkeiten für den Einsatz pneumatischer Energie zur Bodenbearbeitung:

1. Die Anwendung pneumatischer Kräfte zum Pflügen. Eine dünne Luftschicht zwischen dem Bodenbalken und dem Pflugkörper, die durch Luftströme aus kleinen Luftdüsen erzeugt wird, vermindert den Reibungswiderstand.
2. Die Anwendung pneumatischer Kräfte für ein "schwingendes" Werkzeug. In diesem Fall schwingt nicht das Werkzeug selbst, sondern Luftströme, die abwechselnd aus zwei Reihen von Luftdüsen in verschiedene Richtungen geblasen werden, wirken in gleicher Weise wie ein schwingendes Werkzeug auf den Boden.
3. Pneumatisches Rohrleitungssystem zur Bodenbearbeitung. Durch Rohre im Untergrund treten Luftströme aus, die den Boden bearbeiten oder belüften.

\*) o. Prof. Dr. Dr. O. Kitani ist Leiter des Instituts für Landmaschinen, Fakultät für Landwirtschaft, Universität Tokio. Er war von Sept. (1972) bis Sept. (1973) beim Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München als Gastprofessor tätig.

## 2. Pneumatischer Pflug

Für eine Anwendung pneumatischer Kräfte zum Pflügen wurde die folgende Untersuchung durchgeführt, wobei ein Pflug japanischer Form mit fünf Luftdüsen, die mit verschiedenen Richtungswinkeln  $\alpha$  und  $\beta$ , Bild 1, auf dem Schar angeordnet waren, entwickelt und geprüft wurde. Der Winkel  $\alpha$  wurde auf  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $\beta$  auf  $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $180^\circ$  eingestellt.

Die Versuche wurden in einer Bodenrinne [1] durchgeführt, die mit tonigem Lehm gefüllt war. Das Wagenuntergestell trug eine lange, oktagonale Kraftkomponentenmeßvorrichtung [2] mit Dehnungsmeßstreifen, an der ein pneumatischer Pflug installiert war. Die Druckluft wurde, um einen Einfluß auf die Kraftmessung zu vermeiden, durch einen biegsamen Gummischlauch zum Pflug geleitet. Der Luftdruck wurde mit einem Regler auf Werte von 0 bis 8 bar eingestellt. Die Bodenfeuchtigkeit betrug 25,5 %, die Boden Härte  $16 \text{ N/cm}^3$  nach dem Yamanaka-Bodenhärtemesser. Die Furchenbreite und -tiefe waren 35 bzw. 15 cm, die Arbeitsgeschwindigkeit  $1,62 \text{ km/h}$  [4].

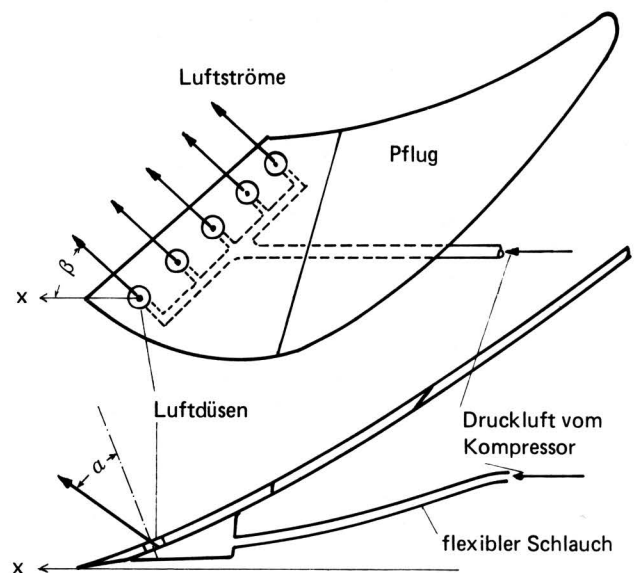


Bild 1. Pneumatischer Pflug.