

# Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln

Hochschulung. P. Krella, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Problemstellung

Beim Entwickeln und Konstruieren von Arbeitselementen, Maschinen und Maschinensystemen für Landmaschinen und von landtechnischen Anlagen ist es erforderlich, Kenntnis über die Stoffkenngrößen der zu be- und verarbeitenden landtechnischen Stoffe zu besitzen.

Stoffkenngrößen charakterisieren die Eigenschaften eines Stoffes [1]. Sie existieren unabhängig von den Vorgängen an der Wirkpaarung „landtechnischer Stoff — Arbeitselement“ und dienen zum Kennzeichnen der Eingangs- und Ausgangszustände der Stoffe und als Grundlage von technologischen Grundverfahren. Quantitative Angaben von Stoffkenngrößen werden als Stoffkennwerte bezeichnet.

Mit dem Übergang zur industriemäßigen Tierproduktion werden in Großanlagen zunehmend Flüssigfuttermittel mit geringem Trockensubstanzgehalt ( $Tr = 2 \dots 20 \%$ ) angewendet. Das gilt in erster Linie für Kälber- und Ferkelfütterung.

Durch ungenügende Kenntnis der Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln kommt es zu Störungen im technologischen Ablauf des Fütterungsprozesses, zu hohen Futtermitteln und zu Problemen in der Tierernährung.

Die charakteristischen Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln sind die Mischgüte (Homogenität), die Sedimentation, die Viskosität (Fließverhalten) und das Haften an Arbeitselementen. Diese vier Stoffkenngrößen wurden am Beispiel eines Ferkelfuttermittels untersucht.

## 2. Forderungen an Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln

An die Stoffkenngrößen Mischgüte, Sedimentation, Viskosität und Haften werden bestimmte Forderungen der Tierernährung, Technologie und Ökonomie gestellt.

### 2.1. Mischgüte

Die Mischgüte ist für die Tierernährung von großer Bedeutung. Bei hoher Mischgüte liegt eine Gleichverteilung der Futterbestandteile vor. Das bedeutet, daß das Futter bei der Futteraufnahme durch das Tier immer die gleiche prozentuale Zusammensetzung besitzt. Ein konstantes Verhältnis von Nährstoffgehalt, Vitaminen und Flüssigkeit ist ständig gewährleistet. Zum anderen ist eine hohe Mischgüte die Voraussetzung für geringe Sedimentation. Daraus läßt sich ableiten, daß eine maximale Mischgüte (stochastische Homogenität) erreicht werden muß.

### 2.2. Sedimentation

Die Sedimentation beeinflusst in starkem Maß die Mischgüte und gefährdet den technologischen Ablauf des Fütterungsprozesses (Verstopfungen durch das Sediment an Ventilen, in Rohrleitungen usw.). Daher muß das Flüssigfuttermittel über eine bestimmte Zeit homogen bleiben. Das ist die Zeit vom Ende des Mischprozesses

### Verwendete Symbole

|            |                          |
|------------|--------------------------|
| $\sigma_M$ | Mischgüte                |
| $v_s$      | Sinkgeschwindigkeit      |
| $\eta$     | dynamische Viskosität    |
| $m_H$      | Haftmenge                |
| $d_K$      | Korndurchmesser          |
| $Tr$       | Trockensubstanzgehalt    |
| $E$        | Emulgator                |
| $aS$       | aufgeschlossene Stärke   |
| $uS$       | unaufgeschlossene Stärke |
| $n_M$      | Mischdrehzahl            |
| $t_M$      | Mischzeit                |
| $T$        | Temperatur               |
| $Tr_A$     | abgesetzte Trockenmasse  |

über Dosieren und Fördern bis zum Abschluß der Nahrungsaufnahme durch das Tier.

### 2.3. Viskosität

An die Viskosität wird infolge ihres Einflusses auf den technologischen Ablauf folgende Forderung gestellt: Beim Fördern durch Rohrleitungen muß Fließen über dem gesamten Rohrquerschnitt gewährleistet sein, d. h., es darf kein Pfropfenfließen auftreten (Entmischungsgefahr). Dazu muß in den Rohrleitungen ein turbulenter Strömungszustand erreicht werden, die Viskosität darf ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten.

### 2.4. Haftmenge

Infolge des Haftvermögens von Flüssigfuttermitteln an Rohrleitungen, Behälterwänden, Fütterungselementen u. a. m. kommt es zu Futtermitteln. Um diese zu senken, muß das Haftvermögen vermindert werden.

## 3. Einflußparameter auf die Stoffkenngrößen

Auf die Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln wirken eine Vielzahl von Einflußparametern. Sie werden gegliedert in Konstruktions-, Betriebs- und Stoffparameter. Im Bild 1 ist eine Auswahl der Parameter und ihr qualitativer Einfluß dargestellt. Die Zusammenhänge zwischen den Stoffkenngrößen und Einflußparametern sind nur qualitativ oder auch gar nicht bekannt. Ursachen dafür sind, daß

- Stoffkenngrößen und Einflußparameter nicht getrennt voneinander wirken, sondern sich gegenseitig beeinflussen
- eine Vielzahl von Randbedingungen wirken, die nicht mathematisch erfaßt werden können.

|                   |                        | Stoffkenngrößen |               |            |        |
|-------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------|--------|
|                   |                        | Mischgüte       | Sedimentation | Viskosität | Haften |
| Stoffparameter    | Korngröße              |                 |               |            |        |
|                   | Trockensubstanzgehalt  |                 |               |            |        |
|                   | Emulgator              |                 |               |            |        |
|                   | aufgeschlossene Stärke |                 |               |            |        |
| Betriebsparameter | Mischdrehzahl          |                 |               |            |        |
|                   | Mischzeit              |                 |               |            |        |
|                   | Temperatur             |                 |               |            |        |

Bild 1. Einflußparameter auf Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln (qualitativ)

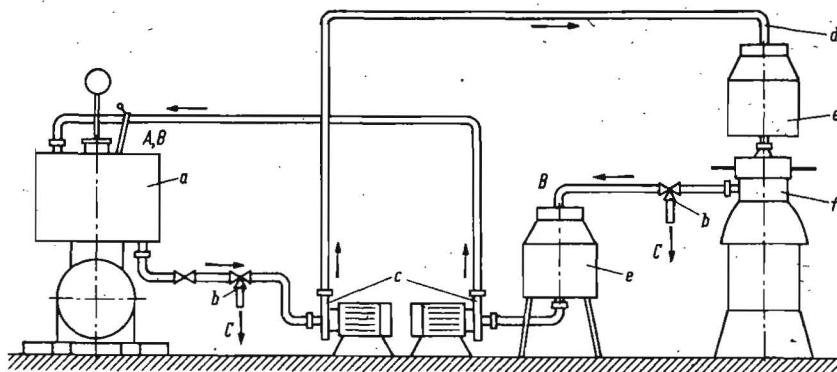


Bild 2. Versuchseinrichtung zur Untersuchung der Stoffkenngrößen; A Eingabe der Futterbestandteile, B Probenentnahme für Mischgüte und Viskosität, C Probenentnahme für Sedimentation und Haftmenge; a Kreiselmischer, b Dreiwegehahn, c Kreiselpumpe, d Rohrleitung, e Zwischenbehälter, f Kolloidmühle

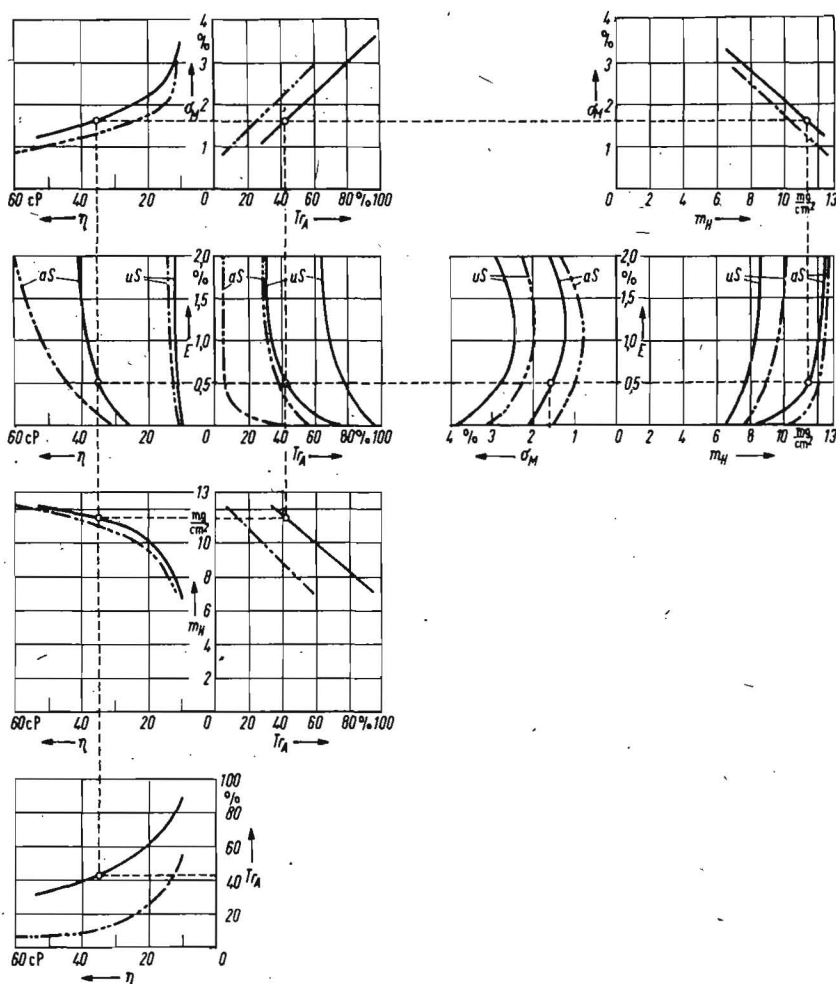


Bild 3. Nomogramm zur Kennzeichnung der untersuchten Stoffkenngrößen; Kreiselmischer Kolloidmühle

#### 4. Experimentelle Untersuchungen

Die experimentellen Untersuchungen wurden mit einem Ferkelfutter durchgeführt, das folgende Zusammensetzung aufwies:

- 90,3 % Magermilch
- 3,5 % Fischmehl
- 4,4 % Weizenmehl
- 1,6 % Fett
- 0,2 % Mineralstoffgemisch.

Der Trockensubstanzgehalt betrug 13,5 %. Während der Untersuchungen wurde dem Futtermittel ein Emulgator (Zitronensäure) zugegeben sowie die Stärke des Weizenmehls thermisch aufgeschlossen.

##### 4.1. Versuchseinrichtung

Die Versuchseinrichtung zur Herstellung des Flüssigfuttermittels ist schematisch im Bild 2 dargestellt. Der Kreiselmischer a und die Kolloidmühle f sind durch die Kreiselpumpen c und

ein Rohrleitungssystem d zu einem Kreislauf zusammengeschlossen. Da Kolloidmühle und Pumpen verschiedenen Durchsatz besitzen, sind vor und hinter der Kolloidmühle Zwischenbehälter e in den Kreislauf eingebaut. Die Eingabe der Futterbestandteile und die Probenentnahmen erfolgen an den Punkten A, B und C.

##### 4.2. Meßmethodik

Die Mischgüte wird mit Hilfe eines kolorimetrischen Verfahrens ermittelt [2]. Grundlage für diese Methode ist die Feststellung der Verteilung einer Mischkomponente in der Futtermischung. Bestimmt wird die Verteilung von Eisen, das im Wirkstoffgemisch in Form von Eisensulfat enthalten ist. Die Abweichung von der Gleichverteilung wird prozentual angegeben. Je geringer dieser Wert ist, desto besser ist die Mischgüte.

Die Sedimentation wird in Sedimentationsgefäßen untersucht.

Aus der in periodischen Abständen gemessenen Höhe des Sediments wird der prozentuale Anteil der abgesetzten Trockenmasse berechnet.

Die dynamische Viskosität wird mit einem Strukturrotationsviskosimeter gemessen. Andere Viskosimeter sind nicht geeignet, da Flüssigfuttermittel keine Newtonschen Flüssigkeiten sind, sondern strukturviskosen Charakter aufweisen. Die Haftmenge wird mit einer Präzisionswaage bestimmt. Dazu wird eine Werkstoffprobe in das Flüssigfuttermittel getaucht, wieder herausgenommen und die Haftmenge gewogen. Daraus läßt sich die Haftmenge je Flächeneinheit errechnen. Als Werkstoff wurde Piacryl verwendet.

#### 4.3. Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind in einem Nomogramm dargestellt (Bild 3).

Die Stoffkenngrößen Mischgüte, Sedimentation, Viskosität und Haftmenge werden in Abhängigkeit vom Zusatz des Emulgators, von der aufgeschlossenen Stärke und vom Einsatz des Kreiselmischers und der Kolloidmühle betrachtet. Gleichzeitig sind im Nomogramm die Zusammenhänge der vier Stoffkenngrößen dargestellt. Die Betriebsparameter Mischdrehzahl, Mischzeit und Temperatur und der Stoffparameter Trockensubstanzgehalt bleiben konstant:

- Mischdrehzahl  $n_M = 360 \text{ min}^{-1}$
- Mischzeit  $t_M = 5 \text{ min}$
- Temperatur  $T = 35^\circ\text{C}$
- Trockensubstanzgehalt  $Tr = 13,5 \%$

Durch den Einsatz der Kolloidmühle wird in erster Linie die Korngröße verringert. Sie beträgt beim Einsatz des Kreiselmischers  $d_k = 0,1 \dots 1,3 \text{ mm}$  und beim Einsatz der Kolloidmühle  $d_k = 0,02 \dots 0,2 \text{ mm}$ . Die Verringerung der Korngröße bringt

vor allem eine Verbesserung der Mischgüte und Verringerung der Sedimentation mit sich. Durch den Zusatz von geringen Mengen Zitronensäure als Emulgator (0,3 bis 1,0 %) kommt es zu einer Verbesserung der Mischgüte und zu einer Verringerung der Sedimentation, aber gleichzeitig zu einer geringfügigen Verschlechterung der Viskosität und der Haftmenge. Das Aufschließen der Stärke führt zu einer Verbesserung der Mischgüte, zu einer erheblichen Verringerung der Sedimentation, aber zu einer Erhöhung der Viskosität und der Haftmenge.

#### 5. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der durchgeführten Betrachtungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Stoffkenngrößen von Flüssigfuttermitteln sind nicht hinreichend genug bekannt.
- Die Einflußparameter auf die Stoffkenngrößen sind so vielfältig, daß sie sich z. Z. kaum oder gar nicht mathematisch exakt formulieren lassen.
- Die Stoffkenngrößen wirken nicht getrennt voneinander, sondern beeinflussen sich gegenseitig.
- Bei der Herstellung von Flüssigfuttermitteln sollten die Möglichkeiten zur Verringerung der Korngrößen, der Einsatz von geeigneten Emulgatoren und aufgeschlossener Stärke überprüft werden.

#### Literatur

- [1] Füll, C.; Ehlert, D.; Freitag, B.: Bedeutung von Stoff- und Wirkpaarungskenngrößen im Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß. agrartechnik 24 (1974) H. 9, S. 441—444.
- [2] Lange, B.: Kolorimetrische Analyse. Weinheim: Verlag Chemie GmbH 1952.

A 9951

# Bewertung von Berechnungsmodellen zum Bestimmen der Lässigkeitsverluste in Zahnradpumpen

Dr.-Ing. E. Hlawitschka, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Aufgabenstellung

Das theoretische Bestimmen der inneren Lässigkeitsverluste in Zahnradpumpen ist heute nicht nur eine Aufgabe, die für den Bereich der Konstruktion dieser Elemente von Bedeutung ist, sondern auch in der Instandhaltung der mit Hydraulikanlagen ausgerüsteten Landmaschinen ist insbesondere unter dem Aspekt des Diagnostizierens des Schädigungszustands von Hydraulikbaugruppen dieses Problem von besonderem Interesse. So ist es durchaus möglich und wird zukünftig angestrebt, die Schadensgrenzen der in Zahnradpumpen verwendeten Bauteile anzugeben, wenn man die durch den Radial-, Axial- und Lagerspalt bedingten Lässigkeitsverluste kennt und besondere Kriterien zur Bewertung des Zustands der Zahnradpumpe zugrunde legt.

Neben experimentellen Untersuchungen ist derzeit besonders das Bestreben sichtbar, auf der Grundlage der aus der Strömungsmechanik abgeleiteten Beziehungen die Lässigkeitsverluste zu berechnen, die durch die verschiedenen funktionsbedingten Spalten in der Zahnradpumpe (Bild 1) hervorgerufen werden. Die meisten der Autoren, die ihre diesbezüglichen Ergebnisse veröffentlichten, gehen dabei zur Lösung dieser Aufgabe von den Navier-Stokesschen Bewegungsgleichungen aus, deren Lösung in geschlossener Form bisher jedoch nicht vorliegt. Es werden deshalb vereinfachende Annahmen bezüglich der Strömungsver-

## Verzeichnis der verwendeten Symbole

|            |   |                            |  |
|------------|---|----------------------------|--|
| A          | Dichtspaltquerschnitt                         | $s_a$                      | Axialspaltweite                                  |
| b          | Zahnradbreite                                 | $s_L$                      | Lagerspaltweite                                  |
| $b_a$      | Axialspaltbreite                              | $s_r$                      | Radialspaltweite                                 |
| $b_L$      | Gleitlagerumfang                              | $u, v, w$                  | Strömungsgeschw. in Richtung der Achsen x, y, z  |
| F          | Kraft   | $v_u$                      | Umfangsgeschwindigkeit                           |
| $l_a$      | Axialspalllänge                               | $V_{th}$                   | theor. Verdrängervolumen                         |
| $l_k$      | dichtende Radialspalllänge                    | $\dot{V}_a$                | Axialspaltverlust                                |
| $l_L$      | Gleitlagerbreite                              | $\dot{V}_L$                | Lagerspaltverlust                                |
| $l_r$      | dichtende Radialspalllänge                    | $\dot{V}_r$                | Radialspaltverlust                               |
| m          | Modul   | $\dot{V}_{eff}$            | effektiver Förderstrom                           |
| n          | Drehzahl                                      | $\dot{V}_{th}$             | theoretischer Förderstrom                        |
| p          | Druck   | $\dot{V}_{ges}$            | Gesamtlässigkeitsverlust                         |
| $\Delta p$ | Druckdifferenz                                | x, y, z                    | Kennzeichnung der Raumachsen                     |
| $r_k$      | Kopfkreisradius                               | $z_p$                      | Anzahl der sich im Radialspalt befindenden Zähne |
| $r_m$      | mittlerer Radius                              | $\eta$                     | dynamische Viskosität                            |
| $r_n$      | Nabenradius                                   | $\vartheta_1, \vartheta_2$ | Winkel entspr. Bild 1                            |
| $r_o$      | Teilkreisradius                               | $\nu$                      | kinematische Viskosität                          |
| $r_L$      | Lagerradius                                   | $\rho_E$                   | Flüssigkeitsdichte                               |
| K          | Faktor zur Kennzeichnung des Eingriffswinkels | $\zeta$                    | Faktor zur Kennzeichnung der Profilverschiebung  |
|            |   | $\psi$                     | Faktor zur Kennzeichnung des Überdeckungsgrades  |