

Moderne Flüssigfütterungssysteme – was zu beachten ist

Dipl.-Ing. H.-J. Seiffert, Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf – Rostock der ADL der DDR

Die folgenden Ausführungen sollen dem potentiellen Käufer von Flüssigfütterungsanlagen für Schweine einen Überblick verschaffen und ihn in die Lage versetzen, Firmenangebote einzuschätzen sowie Vor- und Nachteile für den eigenen Anwendungsfall abwägen zu können. Für weitere Anfragen zu dieser Thematik stehen Mitarbeiter des Bereichs Technologie der Schweineproduktion des Forschungszentrums für Tierproduktion Dummerstorf–Rostock zur Verfügung.

1. Angebotsumfang und Praxiseinsatz

Flüssigfütterungsanlagen in der BRD erreichen gegenwärtig bei Mast Schweinen einen Anwendungsumfang von rd. 35%. Die Tendenz ist steigend. Vor allem die Eignung für relativ kostengünstige Futtermittel, wie Corn-Cob-Mix (CCM), feucht konserviertes Getreide und Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie sowie die hervorragende Automatisierbarkeit erhöhen die Attraktivität der Flüssigfütterung für den Schweinemäster. Sammelfutter und Hackfrüchte haben für die Mast Schweinefütterung in der BRD keine Bedeutung. Hinsichtlich ihrer technischen Auslegung lassen sich Flüssigfütterungssysteme in zwei Grundformen unterteilen:

– halbautomatisch

Der Anmischprozeß wird vom Computer gesteuert. Das Zuteilen des Futters in die Tröge erfolgt von Hand (meist Kugelventile) mit Dosierhilfen, wie Merkscheibe oder elektronischer Großsichtanzeige.

– vollautomatisch

Sowohl Anmischen als auch Zuteilung werden vom Computer gesteuert. Der gesamte Fütterungsprozeß läuft vollautomatisch ab. Unterschieden wird zwischen Anlagen für die rationierte Fütterung und Anlagen für die ad-libitum-Fütterung.

Bei letzteren wird mit Hilfe von Füllstandsmeldern im Trog dafür gesorgt, daß sich über einen längeren Zeitraum (z. B. 10 h) ständig Futter im Trog befindet.

Wegen der mangelnden Futterhygiene und eines vergleichsweise schlechten Futteraufwands ist dieses Verfahren jedoch umstritten. Bei Bestandsgrößen zwischen 300 und 3000 Tieren haben sich die computergesteuerten Fütterungsanlagen in der BRD seit Jahren bewährt. In Einzelfällen werden auch größere Bestände auf diese Weise gefüttert.

2. Aufbau von Flüssigfütterungsanlagen

2.1. Grundlegendes zur Bedienung

Der prinzipielle Aufbau ist im Bild 1 dargestellt. Durch den Einsatz des Anmisch- und Fütterungscomputers reduzieren sich die täglichen Fütterungsarbeiten auf die Aktualisierung und Eingabe der Daten sowie auf die Tierkontrolle.

Diese Daten werden wahlweise als kg Originalsubstanz, kg Trockensubstanz oder Energieeinheiten in den Computer eingegeben. Weiterhin ist für den Mastverlauf eine Futterkurve abzuspeichern, nach deren Werten die täglich zu fütternde Menge je Ventil automatisch erhöht wird. Die einzugebende Datenmenge je Tag verringert sich damit wesentlich.

Im gegebenen Fall kann für einige oder alle Ventile die Futterkurve durch Zu- oder Abschläge korrigiert werden.

Der Computer übernimmt neben der Steuerung auch die Überwachung der am Anmisch- und Zuteilprozeß beteiligten Anlagenteile. Dazu gehören u. a. Füllstandskontrolle von Vorratsbehältern (bei Vorhandensein geeigneter Sensoren), Arbeit der Förderaggregate, Dichtigkeit der Leitungssy-

steme sowie Öffnen und Schließen der Ventile. Bei eventuellen Defekten wird Alarm ausgelöst, der Fehler über Bildschirm oder Drucker protokolliert und/oder die Anlage ausgeschaltet. Die Rechentechnik bietet zudem ausgezeichnete Nutzungsmöglichkeiten für die Bestands- und Ergebniskontrolle.

Während der Mast werden bei jeder Mahlzeit Futtermenge und Kosten am betreffenden Ventil addiert. Umstellungen und Tierverluste können zugeordnet bzw. berücksichtigt werden.

Produktionstechnische Daten wie „Masttage“ und „Futtermittelverbrauch“ sind tagefertig und für jede Tiergruppe abrufbar.

Fast alle Firmen bieten inzwischen den zusätzlichen Komfort einer Schnittstelle (Kopplungsmöglichkeit) zwischen Fütterungscomputer und Personalcomputer (PC, BC) an. Fütterungs- und Betriebscomputer kommunizieren dann miteinander. Daten aus dem Stall sind direkt in die Managementprogramme übertragbar und werden dort weiterverarbeitet.

Verbrauchswerte und Kosten sind jedoch nur verwertbar, wenn alle Daten auf dem aktuellen Stand gehalten werden und die Ermittlung der Mengen korrekt ist.

Korrekte Datengewinnung bedingt ein ausgeprägtes technisches System.

Ein Maß für die Güte einer Flüssigfütterungsanlage ist die Dosiergenauigkeit beim Anmischen und Zuteilen des Futters.

2.2. Unterschiede in den Bauformen und deren Bewertung

2.2.1. Wägemischbehälter

Volumen: 1000 l bis 14000 l, Anfertigung auch nach Anwendungsfall

Material: Kunststoff, plastbeschichteter Stahl, Edelstahl

Form:

- stehend mit rundem oder quadratischem Querschnitt, nach Wunsch mit oder ohne Abdeckung

- liegend mit kreisförmigem Querschnitt

Wägeeinrichtung:¹⁾

- vollelektronisch; der Behälter lagert auf einer, drei oder vier elektronischen Wägezellen (Biegestäbe)

- Hybridsystem; zwischen Behälter und einer Wägezelle ist ein Übersetzungshebelwerk zur Lastreduktion nach dem Prinzip der Dezimalwaage zwischengeschaltet

Aufstellung:

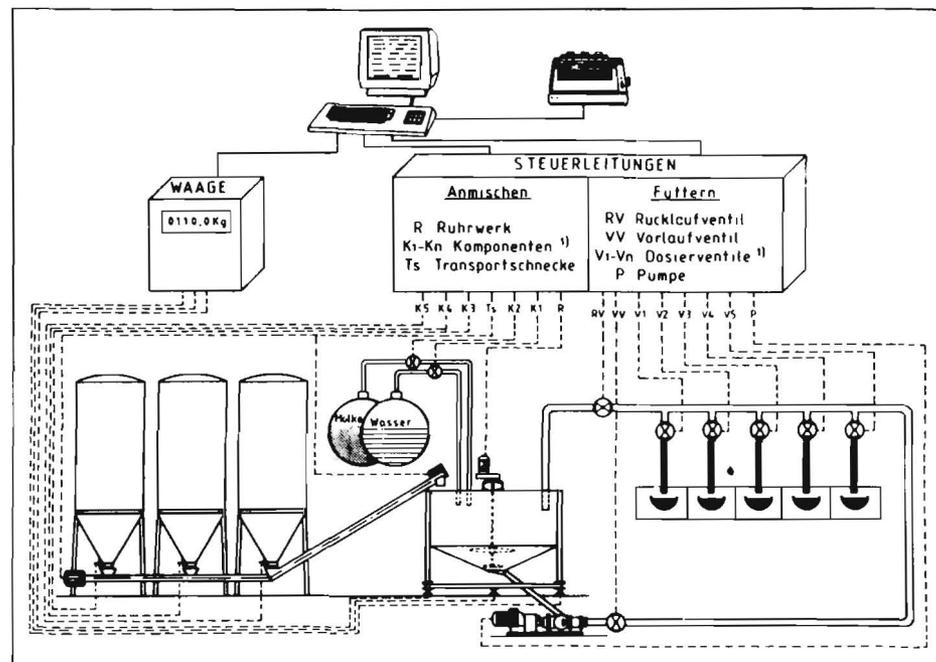
- ebenerdig
- in einer Grube.

Stehende runde oder eckige Behälter aus korrosionsfestem Material haben sich bewährt. Sind sie ebenerdig aufgestellt, bleibt die Wägetechnik trocken und kann leichter kontrolliert werden.

Liegende Behälter stellen höhere Anforderungen an das Rührwerk, um ausreichende Mischgüte zu erzielen.

Die vollelektronische Wägung hat wissen-

Bild 1. Aufbau einer computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage [1].
1) die maximal mögliche Anzahl ist von der Kapazität des Computers abhängig



1) Die Steuerung des Anmischprozesses mit Hilfe der Volumenmessung (anstelle der Wägung) wird selten angewendet und deshalb hier nicht näher betrachtet.

schaftlichen Untersuchungen zufolge leichte Vorteile gegenüber dem Hybridsystem. Bei exakter Ausführung sind mit beiden Systemen hohe Genauigkeiten erreichbar. Hierbei sei angemerkt, daß die Dosierungsgenauigkeit einer Anlage nicht allein von der Präzision der Wägeeinrichtung abhängt.

2.2.2. Komponentenzuführung

Da die Zuführung der Futtermittel zum Mischbehälter von Wägesignalen gesteuert wird, wirken Fallbeschleunigung und Impulskraft herabstürzender Futtermittel, Homogenität des Gutstromes (z. B. Klumpen) und zeitliche Verzögerungen auf das Wäge- und damit Steuerergebnis. Daraus leiten sich demzufolge Forderungen nach geringen Fallhöhen und gleichmäßigen Gutströmen ab.

Eine bereits praktizierte Möglichkeit ist die Zuführung der Futtermittel unterhalb des Flüssigkeitsspiegels im Bottich.

Nachlaufmengen sind nie ganz zu vermeiden. Die automatische Nachlaufmengenkorrektur durch sog. Selbstlernalgorithmus gehört heute zum Leistungsangebot fast aller Firmen.

3. Rührwerk

Das Rührwerk hat die Aufgabe, die einzelnen Komponenten in eine homogene Mischung zu überführen und diese Homogenität über die gesamte Fütterungszeit aufrecht zu erhalten. Darüber hinaus muß es sehr schwingungsarm arbeiten, um das Wägesignal möglichst wenig zu beeinflussen.

Wesentlich für die Mischgüte ist neben der Form der Mischelemente und der Behältergeometrie auch die Drehzahl. Sie muß ausreichend hoch sein, darf aber nicht dazu führen, daß das Futter schaumig gerührt wird. Unnötig hoher Lufteintrag beeinflusst die Verderblichkeit des Futters und die Dosiereigenschaften der gesamten Anlage negativ.

2.2.4. Pumpen

Meist werden in Flüssigfütterungsanlagen Kreiselpumpen zur Förderung verwendet. Sie werden fast ausnahmslos in Edelstahlausführung oder aus säurefestem Gußmaterial angeboten. Kreiselpumpen sind wartungsarm und unterliegen geringem Verschleiß.

Die Pumpen versagen ihren Dienst jedoch sehr schnell, wenn sich in der Leitung etwa durch dickflüssige Futtermischungen oder Verstopfungen ein bestimmter Gegendruck aufbaut. Die Dickflüssigkeit des Futters ist bei Flüssigfütterungsanlagen durch das Kriterium des Breitfließens im Trog begrenzt.

Dennoch bieten alle Hersteller auf Wunsch auch Exzenterschneckenpumpen aus säurefestem Material an, die mit extremen Förderbedingungen wesentlich besser fertig werden. Wichtig ist, daß die Förderpumpe auf die im Betrieb vorliegenden Einsatzbedingungen abgestimmt ist. Darüber hinaus sollten die Wägung beeinflussende Schwingungen sowie ein Ansaugen von Luft in die Förderleitung vermieden werden.

2.2.5. Förderleitungen

Die Förderleitungen sind immer als Ringleitungen ausgebildet. Je nach Betriebsgröße bestehen sie aus einem oder mehreren Futterkreisläufen. Eingesetzt werden meist Kunststoffrohre mit Durchmessern von 57 mm innen und 63 mm außen.

Um die Zuteilgenauigkeit bei der Abgabe sehr kleiner Portionen je Ventil zu erhöhen, z. B. in der Vormast oder bei Sauen in Einzel-

haltung, bieten einige Firmen auch kleinere Rohrquerschnitte an. An den Auslaufenden im Trogbereich teilt sich der Futterstrom T- oder Y-förmig auf. Dadurch wird das Breitfließen erleichtert. Im Sinne der optimalen Förderung, die sich ihrerseits auf die Dosiereigenschaften auswirkt, ist insgesamt auf eine hydraulisch günstige Leitungsführung zu achten. Verzweigungen sollten in spitzem Winkel verlaufen und Bögen einen möglichst großen Radius aufweisen.

2.2.6. Drosselventil

Von einigen Firmen wird ein elektrisch ansteuerbares Drosselventil im Vorlauf, unmittelbar nach der Pumpe, eingesetzt. Dieses dient der Reduzierung des Förderstromes, um kleinere Portionen präziser zuteilen zu können. In Abhängigkeit von der Portionsgröße wird das Ventil automatisch über den Computer gesteuert. Diese Maßnahme ist hinsichtlich Arbeitsqualität der Gesamtanlage als positiv einzuschätzen.

2.2.7. Dosierventile

Durchgesetzt haben sich Membranventile, bei denen eine hochfeste Gummimembran durch Druckluft (Kompressoranlage) den Futterstrom zum Trog gegen den Leitungsdruck absperrt.

Die Ventile sind aus Kunststoff gefertigt und nahezu wartungsfrei. Von den verschiedenen Ausführungsformen sind diejenigen am besten geeignet, die den Futterstrom nicht mehr als nötig umlenken und einen möglichst großen Durchgangsquerschnitt aufweisen.

Sie sollten unmittelbar an der Futterringleitung angebracht sein, damit sich aufbauende Verstopfungen durch den Futterstrom wieder auflösen können.

2.2.8. Vor- und Rücklaufventil

Die Absperrung des Vor- und Rücklaufs erfolgt in modernen Anlagen ebenfalls durch elektropneumatische Ventile. Normalerweise ist das Vorlaufventil während der Fütterung geöffnet. Untersuchungen zeigten jedoch, daß ein vom Computer zeitgleich mit den Dosierventilen gesteuertes Vorlaufventil die Präzision bei der Zuteilung erhöht. Solche „getaktet“ arbeitenden Ventile sperren den Vorlauf in den Pausen zwischen zwei Zuteilvorgängen (meist einige Sekunden) ab. Die Komprimierung des Futters im Rohr während dieser Pausen kann damit weitgehend verhindert werden.

2.2.9. Prinzip der Futterzuteilung

Das Zuteilen der Futterportionen in die einzelnen Tröge oder Trogabchnitte kann durch Masse- oder Volumendosierung erfolgen. Im ersten Fall wird die Abnahme der Masse im Mischbehälter als Steuergröße zum Öffnen bzw. Schließen der Dosierventile genutzt. Volumendosierung beim Zuteilen wird heute mit induktiven Durchflußmengenmessern (IDM) realisiert. Aufgrund des Meßprinzips, der Lage am Anfang des Rohrkreislaufrs und der Bauform (kein hydraulischer Widerstand) ist eine sehr präzise Zuteilung möglich. Kompressibilität des Futters und Dichteschwankungen der Komponenten führen jedoch auch bei diesem Verfahren zu Unsicherheiten, wobei die Vorteile gegenüber der Massedosierung durch Behälterwägung praktisch oft verwischt werden. Insgesamt ist einzuschätzen, daß mit beiden Meßverfahren hohe Zuteilgenauigkeiten erreichbar

sind. So ist es gegenwärtig mit dem Wägetechnik in exakter Ausführung durchaus möglich, daß Portionen ab etwa 20 kg mit einer Genauigkeit von ± 1 kg zugeteilt werden. Ein IDM würde in diesem Fall zusätzlich technischen Aufwand bedeuten, da der Wägemischbehälter für das Anmischen ohnehin benötigt wird.

2.2.10. Reinigungssysteme

Für die Behälterreinigung sind Sprüheinrichtungen mit entsprechend angeordneten Düsen das Standardverfahren. Die Rohrleitungen werden mit stark verdünntem Futterbrei oder Wasser gespült. Dem Spülmedium können Desinfektionsmittel (z. B. 2 bis 3% Propionsäure) zugesetzt werden. Das Ausblasen z. B. frostgefährdeter Leitungen mit Druckluft ist möglich.

Ein modernes Verfahren ist die „Restlosverfütterung“ mit der Zielstellung, das angemischte Futter bis auf das letzte Kilogramm zu verfüttern. Durch ausgeklügelte Computersteuerung werden die berechneten Futtermengen mit Wasser bis zum letzten Ventil geschoben. Das Füttern mehrerer Mixturen innerhalb eines Kreises ist möglich. Wie für das Sprüfverfahren wird jedoch ein zusätzlicher Zwischenbehälter erforderlich. Mechanische Trennkörper (Pipe-Pigs, Rohr-Maus, Rohr-Molch) verhindern die Vermischung von Futter- und Wassersäule an den Grenzflächen.

Ihr Einsatz erhöht den technischen Aufwand beträchtlich und verteuert die Anlage. Gegenwärtig kann die Restlosverfütterung ohne Trennkörper als das optimale Verfahren betrachtet werden.

2.2.11. Computertechnik und Software

Die Angebote der Firmen reichen vom einfachen Wägecomputer mit Meßwertspeicherung über „nur“ Anmischcomputer bis zu kompletten Anmisch- und Fütterungscomputern jeweils mit oder ohne Leistungsteil.

Je nach Ausstattungsgrad können Drucker, Bildschirmgeräte, Handterminals, PC-Anschluß und Telefon-Modem in Anspruch genommen werden. Bildschirmgeräte erleichtern die Arbeit mit dem Computer wesentlich. Soll der Fütterungscomputer mit einem PC im Büro gekoppelt werden, erübrigt sich eventuell der Drucker in der Futterzentrale. Handterminals sind mobile Datenerfassungsgeräte im Taschenrechnerformat. Mit diesem „elektronischen Notizblock“ kann man während der Tierkontrolle buchtbezogene Daten, wie Ergebnis der Trogbonitur und Tierverluste, eingeben und abspeichern. Über eine Schnittstelle werden diese Daten dann in den Computer übertragen. Für größere Tierkonzentrationen ist ein solches Hilfsmittel empfehlenswert.

Das Modem dient der Datenfernübertragung mit Hilfe des Telefonnetzes. Damit wird es z. B. einem Firmenservice ermöglicht, den Rechner im Futterhaus vom Werk aus zu überprüfen. Empfohlen wird, beim Kauf von Computertechnik möglichst den gewünschten Lieferumfang von einer Firma in Anspruch zu nehmen. Das erspart spätere Probleme mit der Paßfähigkeit verschiedener Systeme. Soll eine Flüssigfütterungsanlage später einmal erweitert werden, ist der Computer von vornherein auf diese Kapazität auszuliegen. Der maschinentechnische Ausbau der Anlage ist dann problemlos und kostengünstig möglich. Darüber hinaus sollte man

Fortsetzung auf Seite 398

Hinweise zur Entwicklung und zum Betrieb von Futtermischern

Dr.-Ing. M. Fehlauer/Dr.-Ing. M. Albert

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Dipl.-Ing. I. Lickert, FERDI-Technik GmbH Ferdinandshof

Verwendete Formelzeichen

D	m	Mischerdurchmesser
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
k		Verschiebewiderstand
L	m	Mischerlänge
m	kg/s	Massestrom
P	kW	Leistung
R _v		Vergleichsreibungswert
TS		Trockensubstanz
η _i		Füllungsgrad

1. Vorbemerkungen

In der Schweinefleischproduktion der DDR werden verschiedene Futtermittelarten eingesetzt, die sich durch Anbaustruktur, Ertragspotential und Verfügbarkeit ergeben. Dabei haben Gemische mit feuchtkrümliger Konsistenz einen wesentlichen Anteil. Kennzeichnend für diese Futtermischungen ist der Einsatz von Mehrkomponentenrationen, die sich aus Trockenfuttermitteln, Hackfrüchten, Grobfuttermitteln, Sammelfutter u. a. zusammensetzen können. Neben der Qualität der einzelnen Futtermittel ist ernährungsphysiologisch ein optimal ablaufender Mischprozeß von entscheidender Bedeutung, da nur so garantiert werden kann, daß jedes Tier die erforderliche Menge an Nährstoffen in seiner Ration erhält. Wie aus der umfangreichen Literatur zur Mischtechnik ersichtlich ist, existieren keine ausreichenden mathematisch-physikalischen Grundlagen, die die kinematischen und kinetischen Verhältnisse im Mischer erfassen und eine ingenieurtechnische Berechnung zulassen.

Deshalb wurden im Auftrag des damaligen

Ausrüstungskombinates Nauen vom Teil Potsdam-Bornim des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben umfangreiche Untersuchungen zur Optimierung von Futtermischern, vor allem für die feuchtkrümlige Fütterung, durchgeführt. Ziele waren:

- Senkung des spezifischen Energie- und Materialbedarfs
- Erarbeitung ingenieurtechnischer Grundlagen, vor allem Ableitung konstruktiver Zusammenhänge zwischen Mischbehälter, Rührwerk und Mischgut.

2. Ableitung konstruktiver Parameter

Die Entwicklung der Mischer erfolgt über Ähnlichkeitsbetrachtungen, ausgehend von der Optimierung von Klein- bzw. Modellmischern. Zusammenfassende Kenngrößen, wie sie in der Rührtechnik vorhanden sind, liegen nicht vor.

In Schweineproduktionsanlagen mit feuchtkrümligem Futtereinsatz sind Chargenmischer einzusetzen. Leistungsbedarf und Mischzeiten ergeben sich in funktioneller Abhängigkeit von den Konstruktions- und Betriebsparametern des Mixers sowie von den Gutparametern des Mischgutes. Die Konsistenz der Mischgüter erfordert den Einsatz eines Mischprinzips, bei dem auftretende Agglomerate zerstört werden können. Die wesentliche Wirkkraft muß eine durch das Werkzeug eingebrachte Scherkraft sein (Bild 1).

Durch experimentelle Untersuchungen sowie Messungen am Futtermischer L421A

wurde als Vorzugslösung ein Gegenstrommischer ermittelt, der aus einem waagerechten, zylindrischen Mischbehälter besteht, in dem die Mischwelle mit den Mischwerkzeugen zentrisch rotiert.

Hierbei muß gesichert werden, daß

- tote Zonen ausgeschlossen sind, d. h. alle Mischgutteilchen mit gleicher Intensität am Mischprozeß teilnehmen
- der Spalt zwischen Werkzeug und Mischbehälter so gering wie möglich gehalten wird
- die Anordnung der Mischwerkzeuge einen einkreisigen Mischkreislauf gewährleistet (Bild 2).

Das Mischwerkzeug (Bild 3) muß sichern, daß die äußere Förderrichtung zum Austrag besteht und die innere Förderrichtung entgegengesetzt ist. Für den Einsatzfall für feuchtkrümlige Mischungen ist ein geteilt schneckenförmiges Werkzeug zweckmäßig (Bild 4, Werkzeug Nr. 2).

Die Mischwerkzeuge an den Stirnseiten sollten dabei hauptsächlich der Funktion des Umlenkens und der Vermeidung von Verdichtungen an der Wand gerecht werden. Durch die gleichsinnige Förderrichtung dieser beiden Werkzeuge kann ihre Länge geringer gehalten werden als bei den mittleren Werkzeugen. Eine optimale Wirkung wird mit einem Anstellwinkel von 40° erreicht (Bild 5). Das äußere Werkzeug ist gegenüber der Behälterwand anzustellen, um Verdichtungen zu vermeiden.

Die erforderliche Anzahl der Mischarme ergibt sich als Funktion des Länge-Durchmesser-Verhältnisses.

Eine größere Armanzahl mit kleinen Einzelwerkzeugen bringt je Arm eine geringere Last und somit bei Beachtung der Armanordnung einen gleichmäßigeren Momentenverlauf (Tafel 1). Die Mindestarmzahl zur Sicherung des Konvektionsstromes beträgt \sqrt{D} . Gleichzeitig erfordert eine größere Armanzahl einen höheren Materialeinsatz und schränkt gerade bei feuchtkrümligem Mischgut den Bewegungsfreiraum ein. Bei feuchten klumpigen Gütern ist zwischen äußerem und innerem Werkzeug ein genügend großer Abstand zu realisieren, um eine Brückenbildung und somit eine Einschränkung der Relativbewegung zu verhindern (Bild 6a). Bei trockenem/rieselfähigem bzw. breiigem bis pumpfähigem oder fluidisierendem Gut würden sich bei großem Werkzeugabstand nur gering oder gar nicht bewegte Zonen ausbil-

	Beispiel	Bezeichnung	Gut	Fr
Schwerkraft		Freifallmischer	fließfähige Schüttgüter	<1
		Vertikal-Mischmaschine	fließfähige Schüttgüter	<1
		Konusmischer	fließfähige Schüttgüter	<1
Scherkraft		Gegenstrommischer	fließfähige bis feuchte Schüttgüter mit geringer Fließfähigkeit	<1
		Zweiwellenmischer	hochviskose Flüssigkeiten Pasten	<1
		Knetter	hochviskose Flüssigkeiten Pasten	<1
Fliehkraft		Pflugscharmischer	fließfähige Schüttgüter	>1
		Kreiselmischer	fließfähige Schüttgüter	>1

Bild 1 Klassifizierung mechanisch wirkender Chargenmischer [1]

Fortsetzung von Seite 397

darauf Wert legen, daß die Technik im Stallbereich einen ausreichenden Schutzgrad aufweist. Anwendungsfreundliche Software und leicht erlernbare Bedienung sind heute selbstverständliche Forderungen.

3. Zusammenfassung

Im Artikel werden die wichtigsten Teilsysteme computergesteuerter Flüssigfüt-

terungsanlagen vorgestellt. Dabei wird versucht, den aktuellen Stand der Technik zu charakterisieren und aus der Sicht praktischer Anwendung zu werten. Die Gesamteinschätzung einer Fütterungsanlage muß unter Beachtung des Zusammenwirkens der Teilsysteme erfolgen. Die Dosierqualität beim Anmischen und beim Zuteilen hinsichtlich Masse und Inhaltsstoffe ist das entscheidende Beurteilungskriterium.

Literatur

- [1] Computereinsatz bei der Flüssigfütterung von Mastschweinen. DLG-Merkblatt 253, Ausg. 1988. A 5996